

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Заболотный, Г.И. / Заболотный  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 24.06.2023 09:50:53  
Уникальный программный ключ:  
476db7d4accb36ef8130172be235477473d63457266ce26b7e9e40f733b8b08

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Самарский государственный технический университет»**  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор филиала ФГБОУ ВО  
"СамГТУ" в г. Новокуйбышевске

\_\_\_\_\_ / Г.И. Заболотный

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.01.04 «Химическое сопротивление материалов и защиты от коррозии»**

<b>Код и направление подготовки (специальность)</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Технология химических производств
<b>Квалификация</b>	Бакалавр
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Год начала подготовки</b>	2020
<b>Институт / факультет</b>	Кафедры филиала ФГБОУ ВО "СамГТУ" в г. Новокуйбышевске
<b>Выпускающая кафедра</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Кафедра-разработчик</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Объем дисциплины, ч. / з.е.</b>	144 / 4
<b>Форма контроля (промежуточная аттестация)</b>	Зачет с оценкой

#### **Б1.В.01.04 «Химическое сопротивление материалов и защиты от коррозии»**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **18.03.01 Химическая технология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 1005 от 11.08.2016 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат химических  
наук

\_\_\_\_\_  
(должность, степень, ученое звание)

О.В Хабибрахманова

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Заведующий кафедрой

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

\_\_\_\_\_  
(ФИО, степень, ученое звание)

**СОГЛАСОВАНО:**

Председатель методического совета  
факультета / института (или учебно-  
методической комиссии)

\_\_\_\_\_  
(ФИО, степень, ученое звание)

Руководитель образовательной  
программы

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

\_\_\_\_\_  
(ФИО, степень, ученое звание)

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	6
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....	7
4.1 Содержание лекционных занятий .....	7
4.2 Содержание лабораторных занятий .....	9
4.3 Содержание практических занятий .....	9
4.4. Содержание самостоятельной работы .....	10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) .....	11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения .....	12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем .....	13
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....	13
9. Методические материалы .....	14
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) .....	15

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК-2 готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Владеть навыками настройки технологического оборудования, наладки приспособлений, инструмента и другой оснастки, включенной в лабораторный практикум
	Знать физический смысл процессов, протекающих на электродах; механизмы протекающих коррозионных процессов
	Уметь снимать поляризационные кривые электродных процессов, строить диаграммы коррозии; определять на основе экспериментальных исследований и литературных данных токи и потенциалы коррозии, показатели коррозии; производить оценку коррозионной стойкости материалов в агрессивных средах
ОПК-3 готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	Владеть основными теоретическими методами определения свойств материалов, основными практическими методами определения свойств и качества материалов
	Знать основные понятия о строении, структуре и свойствах материалов, основные характеристики материалов, используемых в технике и технологиях
	Уметь предлагать варианты использования различных материалов в зависимости от условий эксплуатации, свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
Профессиональные компетенции	
ПК-18 готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	Владеть навыками выбора конструкционных / инструментальных / специальных материалов для конкретных условий эксплуатации
	Знать принципы выбора материалов, особенности этапов жизненного цикла материалов и изделий из них
	Уметь использовать знания о свойствах материалов для решения задач профессиональной деятельности

ПК-3 готовностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	Владеть простейшими операциями определения свойств материалов, используемых, в частности, в технологиях защиты от коррозии
	Знать классификацию, структуру, состав и свойства материалов, используемых, в частности, в технологиях защиты от коррозии; маркировку материалов, используемых, в частности, в технологиях защиты от коррозии
	Уметь анализировать физико-химические и механические свойства материалов, их коррозионную стойкость и технологичность; рационально подобрать конструкционный материал для химико-технологического процесса (реактора, аппарата, машины) с учетом методов защиты от возможного воздействия технологической среды на конкретные конструкционные материалы
ПК-4 способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Владеть данными, позволяющими выбрать необходимое оборудование и коррозионностойкий материал для его изготовления
	Знать основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы в условиях химических производств, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности химического оборудования и последствий коррозионного воздействия; методы защиты от коррозии
	Уметь выбрать конструкционный материал; разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **вариативная часть**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ОПК-2		Коллоидная химия	Газохимия; Производственная экология ; Система управления химико-технологическими процессами
ОПК-3		Коллоидная химия	Газохимия; Производственная экология ; Система управления химико-технологическими процессами; Химия нефти и газа

ПК-18			Катализ в нефтепереработке; Катализ в химической технологии; Материальные и тепловые расчеты в химической технологии; Минеральные и синтетические масла; Основы гомогенного и гетерогенного катализа в нефтехимии; Основы химии и технологии высокомолекулярных соединений; Основы химии и технологии поверхностно-активных веществ; Проектирование элементов оборудования химической отрасли; Теория и технология химических процессов органического и нефтехимического синтеза; Теория и технология химических процессов природных энергоносителей и углеродных материалов; Технология смазочных материалов
ПК-3		Основы технического регулирования и управления качеством	Аналитический контроль качества производства; Катализ в нефтепереработке; Катализ в химической технологии; Основы гомогенного и гетерогенного катализа в нефтехимии; Физико-химические методы анализа продуктов нефтехимии; Физико-химические методы анализа товарных нефтепродуктов; Химия нефти и газа
ПК-4			Аналитический контроль качества производства; Производственная экология ; Теория и технология химических производств; Технология глубокой переработки нефти; Технология нефтехимического синтеза; Технология производства топлива и энергии из органического сырья; Физико-химические методы анализа продуктов нефтехимии; Физико-химические методы анализа товарных нефтепродуктов; Химические реакторы

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	3 семестр часов / часов в электронной форме
--------------------	---	---

<b>Аудиторная контактная работа (всего),</b> в том числе:	40	40
Лекции	24	24
Практические занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа (всего),</b> в том числе:	104	104
подготовка к зачету	8	8
подготовка к практическим занятиям	16	16
составление конспектов	80	80
<b>Итого: час</b>	144	144
<b>Итого: з.е.</b>	4	4

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Введение	2	0	2	6	10
2	Электрохимическая коррозия	4	0	2	24	30
3	Химическая коррозия	4	0	2	18	24
4	Виды коррозионных разрушений	4	0	4	16	24
5	Методы защиты металлов от коррозии	4	0	2	16	22
6	Коррозия оборудования нефтегазопереработки	6	0	4	24	34
	<b>Итого</b>	24	0	16	104	144

#### 4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
<b>3 семестр</b>				
1	Введение	Общие сведения о коррозионной стойкости металлов	Определение понятия «коррозия металлов». Термины и стандарты. Общие сведения о коррозионной стойкости металлов. Классификация коррозионных процессов. Показатели коррозии металлов. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов	2

2	Электрохимическая коррозия	Основы электрохимической коррозии	Основы электрохимической коррозии. Закономерности кинетики электродных реакций. Общая характеристика электрохимического коррозионного процесса и явление поляризации.	2
3	Электрохимическая коррозия	Коррозионные процессы	Коррозионный процесс с водородной деполяризацией. Коррозионный процесс с кислородной деполяризацией. Коррозионные диаграммы. Пассивность металлов. Факторы электрохимической коррозии металлов и сплавов	2
4	Химическая коррозия	Основы химической коррозии металлов	Основы химической коррозии металлов. Структура металлов и ее влияние на коррозионные процессы. Основы термодинамики коррозии металлов. Коррозия металлов в неэлектролитах.	2
5	Химическая коррозия	Механизм химической коррозии и защита о неё	Основные стадии газовой коррозии металлов. Защитные пленки на металлах. Механизм химической коррозии. Влияние внутренних и внешних факторов. Жаростойкое легирование. Основные легирующие элементы.	2
6	Виды коррозионных разрушений	Коррозионные разрушения материалов	Атмосферная коррозия металлов. Почвенная коррозия металлов. Морская коррозия металлов. Локальные виды коррозии.	2
7	Виды коррозионных разрушений	Коррозионные разрушения материалов	Влияние конструктивных факторов на развитие коррозионных разрушений аппаратов. Обезуглероживание стали. Водородная коррозия. Сернистая коррозия	2
8	Методы защиты металлов от коррозии	Виды защиты	Изменение состава среды. Снижение агрессивности среды. Ингибиторная защита. Электрохимическая защита. Катодная защита. Протекторная защита. Использование вторичных алюминиевых сплавов в качестве протекторов. Анодная защита. Электродренажная защита. Кислородная защита.	2
9	Методы защиты металлов от коррозии	Защитные пленки	Защитные тонкослойные покрытия. Фосфатирование. Оксидирование. Анодирование. Гальванические покрытия. Жаростойкие металлические покрытия	2
10	Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Специфика коррозионных разрушений оборудования НПЗ	Специфика коррозионных разрушений оборудования НПЗ. Коррозия установок электрообессоливания и электрообезвоживания нефти (ЭЛОУ). Опыт эксплуатации протекторной защиты нефтяных резервуаров	2
11	Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Специфика коррозионных разрушений оборудования НПЗ	Установки АТ и АВТ. Установки гидроочистки. Установки платформинга. Каталитический крекинг	2



12	Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Специфика коррозионных разрушений оборудования НПЗ	Газофракционирующие установки (ГФУ). Фенольная очистка масел. Основные материалы для производства оборудования НПЗ.	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>24</b>
<b>Итого:</b>				<b>24</b>

## 4.2 Содержание лабораторных занятий

Учебные занятия не реализуются.

## 4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
<b>3 семестр</b>				
1	Введение	Коррозия	Коррозия. Причины появления. Прямые и косвенные потери. Допуски на коррозию	2
2	Электрохимическая коррозия	Электрохимическая коррозия металлов	Термодинамика электрохимической коррозии. Катодные реакции. Анализ диаграммы потенциал- водородный показатель. Анализ диаграммы Пурбе. Способы торможения коррозии железа	2
3	Химическая коррозия	Химическая коррозия металлов	Термодинамическая вероятность образования продуктов окисления на поверхности металла. Степень термодинамической нестабильности металлов Реальная скорость коррозии. Показатели коррозии Скорость равномерной коррозии. Скорость межкристаллизационной коррозии. 7. Газовая коррозия, жаропрочность, жаростойкость. 8. Окислители и химический процесс газовой коррозии	2
4	Виды коррозионных разрушений	Коррозионно-механическое разрушение металлов	Классификация механических напряжений. Влияние статистических напряжений на электрохимическое поведение сплавов. Влияние статистических напряжений на скорость коррозии.	2
5	Виды коррозионных разрушений	Коррозионно-механическое разрушение металлов	Коррозионное растрескивание. Коррозионная усталость. Фреттинг -коррозия. Коррозия при кавитации	2
6	Методы защиты металлов от коррозии	Защита конструкционных материалов от коррозии	Защита металлов от коррозии. Методы защиты: изоляция металла от воздействия агрессивной среды; изменение свойств коррозионной среды, электрохимический	2
7	Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Основы ингибиторной защиты	Основные ингибиторы коррозии. Механизм действия ингибиторной коррозии. Некоторые специальные методы защиты от коррозии	2
8	Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Основы ингибиторной защиты	Основные ингибиторы коррозии. Механизм действия ингибиторной коррозии. Некоторые специальные методы защиты от коррозии	2

<b>Итого за семестр:</b>	<b>16</b>
<b>Итого:</b>	<b>16</b>

#### 4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
<b>3 семестр</b>			
Введение	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Сведения о химическом сопротивлении, номенклатуре и эксплуатационных свойствах конструкционных материалов. Химическая коррозия материалов	4
Введение	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практического занятия, оформление отчета	2
Электрохимическая коррозия	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: электрохимическая коррозия. Классификация коррозионных процессов по механизму, условиям протекания и характеру коррозионных поражений. Термодинамические условия протекания электрохимической коррозии и ее отличие от химической коррозии. Влияние температуры, давления и перемешивания агрессивной среды, внешней поляризации, ультразвукового и радиоактивного излучения на скорость электрохимической коррозии.	22
Электрохимическая коррозия	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практического занятия, оформление отчета	2
Химическая коррозия	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Газовая коррозия металлов. Жидкостная коррозия металлов. Химическая коррозия в жидкостях-электролитах. Фактор Пиллинга-Бэдворса.	16
Химическая коррозия	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практического занятия, оформление отчета	2

Виды коррозионных разрушений	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Факторы коррозии. Факторы, увеличивающие скорость коррозии. Коррозия при трении. Фреттингкоррозия. Коррозионная кавитация	12
Виды коррозионных разрушений	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практического занятия, оформление отчета	4
Методы защиты металлов от коррозии	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Основные направления для борьбы с коррозией. Легирование металлов. Электрохимическая защита металлов. Введение ингибиторов.	14
Методы защиты металлов от коррозии	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практического занятия, оформление отчета	2
Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Углекислотная коррозия. Коррозия сернистой нефтью. Кислородная коррозия. Основные методы борьбы с коррозией оборудования НПЗ. Технологические методы защиты от коррозии	12
Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практического занятия, оформление отчета	4
Коррозия оборудования нефтегазопереработки	Подготовка к зачету	Подготовка к сдаче зачета	8
<b>Итого за семестр:</b>			<b>104</b>
<b>Итого:</b>			<b>104</b>

### 5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии; Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  90491">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  90491</a>	Электронный ресурс
2	Кац, Н.Г. Защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии : учеб. пособие / Н. Г. Кац; Самар.гос.техн.ун-т, Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств.- Самара, 2018.- 103 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  3329">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  3329</a>	Электронный ресурс

3	Коррозия и защита материалов; Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  91764">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  91764</a>	Электронный ресурс
4	Коррозия и защита металлов, материалов и изделий; Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  90528">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  90528</a>	Электронный ресурс
5	Коррозия и защита металлов; Издательский Дом МИСиС, 2013.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  56279">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  56279</a>	Электронный ресурс
6	Основы электрохимии и защита от коррозии; <b>Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.</b> - Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  62537">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  62537</a>	Электронный ресурс
7	Химическое сопротивление и защита от коррозии; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, <b>2014.</b> - Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  68511">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  68511</a>	Электронный ресурс
Дополнительная литература		
8	Кац, Н.Г. Физико-химические основы коррозии : лаборатор. практикум / Н. Г. Кац; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2016.- 51 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2444">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2444</a>	Электронный ресурс
9	Кац, Н.Г. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии : методические указания / Н. Г. Кац; Самарский государственный технический университет, Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств.- Самара, 2020.- 87 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  4138">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  4138</a>	Электронный ресурс
10	Материаловедение. Защита от коррозии; <b>Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012.</b> - Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  60479">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  60479</a>	Электронный ресурс
11	Химическое сопротивление и защита от коррозии; Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  87897">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  87897</a>	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ ([elib.samgtu.ru](http://elib.samgtu.ru)) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

## **6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения**

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной информационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Microsoft Windows 8.1 Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Office 2013	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
3	Антивирус Kaspersky EndPoint Security	«Лаборатории Касперского» (Отечественный)	Лицензионное

4	Программное обеспечение «Антиплагиат. Эксперт»	АО «Антиплагиат» (Отечественный)	Лицензионное
---	--	----------------------------------	--------------

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	РОСПАТЕНТ	<a href="http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru">http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru</a>	Ресурсы открытого доступа
2	Консультант плюс	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>	Ресурсы открытого доступа
3	Обучающие энциклопедии. Химия	<a href="http://school-sector.relarn.ru/nsm/">http://school-sector.relarn.ru/nsm/</a>	Ресурсы открытого доступа
4	Scopus - база данных рефератов и цитирования	<a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
5	Материаловедение	<a href="http://www.materialscience.ru">http://www.materialscience.ru</a>	Ресурсы открытого доступа

## 8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации). Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории, набор демонстрационного оборудования: экран, проектор, переносной ноутбук. Набор учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин: комплект плакатов «Химия» 560x800 мм. Специализированная мебель: 27 ученических парт, стол и стул для преподавателя, тумба, доска

### Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук). Набор учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин: комплект плакатов «Химия» 560x800 мм. Специализированная мебель: 14 ученических столов, 28 ученических стульев, стол и стул для преподавателя, доска.

### Лабораторные занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

### Самостоятельная работа

Помещение для самостоятельной работы оснащено компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду

## 9. Методические материалы

### Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершённой. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

### Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный

дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

## Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

## 10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины  
Б1.В.01.04 «Химическое сопротивление  
материалов и защиты от коррозии»

**Фонд оценочных средств  
по дисциплине  
Б1.В.01.04 «Химическое сопротивление материалов и защиты от коррозии»**

<b>Код и направление подготовки (специальность)</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Технология химических производств
<b>Квалификация</b>	Бакалавр
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Год начала подготовки</b>	2020
<b>Институт / факультет</b>	Кафедры филиала ФГБОУ ВО "СамГТУ" в г. Новокуйбышевске
<b>Выпускающая кафедра</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Кафедра-разработчик</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Объем дисциплины, ч. / з.е.</b>	144 / 4
<b>Форма контроля (промежуточная аттестация)</b>	Зачет с оценкой



**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной  
программы**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)</b>
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК-2 готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Владеть навыками настройки технологического оборудования, наладки приспособлений, инструмента и другой оснастки, включенной в лабораторный практикум
	Знать физический смысл процессов, протекающих на электродах; механизмы протекающих коррозионных процессов
	Уметь снимать поляризационные кривые электродных процессов, строить диаграммы коррозии; определять на основе экспериментальных исследований и литературных данных токи и потенциалы коррозии, показатели коррозии; производить оценку коррозионной стойкости материалов в агрессивных средах
ОПК-3 готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	Владеть основными теоретическими методами определения свойств материалов, основными практическими методами определения свойств и качества материалов
	Знать основные понятия о строении, структуре и свойствах материалов, основные характеристики материалов, используемых в технике и технологиях
	Уметь предлагать варианты использования различных материалов в зависимости от условий эксплуатации, свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК-18 готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	Владеть навыками выбора конструкционных / инструментальных / специальных материалов для конкретных условий эксплуатации
	Знать принципы выбора материалов, особенности этапов жизненного цикла материалов и изделий из них
	Уметь использовать знания о свойствах материалов для решения задач профессиональной деятельности

ПК-3 готовностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	Владеть простейшими операциями определения свойств материалов, используемых, в частности, в технологиях защиты от коррозии
	Знать классификацию, структуру, состав и свойства материалов, используемых, в частности, в технологиях защиты от коррозии; маркировку материалов, используемых, в частности, в технологиях защиты от коррозии
	Уметь анализировать физико-химические и механические свойства материалов, их коррозионную стойкость и технологичность; рационально подобрать конструкционный материал для химико-технологического процесса (реактора, аппарата, машины) с учетом методов защиты от возможного воздействия технологической среды на конкретные конструкционные материалы
ПК-4 способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Владеть данными, позволяющими выбрать необходимое оборудование и коррозионностойкий материал для его изготовления
	Знать основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы в условиях химических производств, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности химического оборудования и последствий коррозионного воздействия; методы защиты от коррозии
	Уметь выбрать конструкционный материал; разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии

## Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Компетенции	Оценочные средства			
	Текущий контроль			Промежуточный контроль (зачет)
	Оценочное средство 1 (практические занятия)	Оценочное средство 2 (доклад)	Оценочное средство 3	
ОПК-2	310 (ОПК-2) У10 (ОПК-2) В10 (ОПК-2)	310 (ОПК-2) У10 (ОПК-2)		310 (ОПК-2) У10 (ОПК-2) В10 (ОПК-2)
ОПК-3	38 (ОПК-3) У8 (ОПК-3) В8 (ОПК-3)	38 (ОПК-3) У8 (ОПК-3)		38 (ОПК-3) У8 (ОПК-3) В8 (ОПК-3)
ПК-3	32 (ПК-3) У2 (ПК-3) В2 (ПК-3)	32 (ПК-3) У2 (ПК-3)		32 (ПК-3) У2 (ПК-3) В2 (ПК-3)
ПК-4	32 (ПК-4) У2 (ПК-4) В2 (ПК-4)	32 (ПК-4) У2 (ПК-4)		32 (ПК-4) У2 (ПК-4) В2 (ПК-4)
ПК-18	33 (ПК-18) У3 (ПК-18) В3 (ПК-18)	33 (ПК-18) У3 (ПК-18)		33 (ПК-18) У3 (ПК-18) В3 (ПК-18)

### Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций (промежуточного контроля)

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить сформированность планируемых результатов обучения (дескрипторов), а также уровень освоения материала обучающимися.

**Форма оценки знаний (зачет):** «Зачет»; «Незачет».

**Шкала оценивания:**

**«Зачет»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

**«Незачет»** – выставляется, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

**Форма оценки знаний (зачет с оценкой, экзамен):** оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно».

**Шкала оценивания:**

**«Отлично»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

**«Хорошо»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных

результатов компетенций оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

**«Удовлетворительно»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

**«Неудовлетворительно»** – выставляется, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность. Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Перечень вопросов для промежуточной аттестации**

**Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачет с оценкой)**

1. Классификация коррозионных процессов.
2. Методы коррозионных исследований. Показатели скорости коррозии.
3. Химическая коррозия металлов. Термодинамика газовой коррозии.
4. Условие сплошности оксидных пленок.
5. Факторы, влияющие на скорость газовой коррозии.
6. Жаростойкость и жаропрочность металлов.
7. Защита металлов от газовой коррозии.
8. Электрохимическая коррозия. Механизм.
9. Коррозия с водородной деполяризацией.
10. Коррозия с кислородной деполяризацией.
11. Пассивация металлов. Теория пассивации.
12. Коррозия в естественных условиях.
13. Атмосферная коррозия. Общая характеристика. Факторы. Методы защиты.
14. Морская коррозия. Общая характеристика. Факторы. Методы защиты.
15. Подземная коррозия. Общая характеристика. Факторы. Методы защиты.
16. Коррозия под действием блуждающих токов. Методы защиты.
17. Классификация методов защиты от коррозии. Защитное действие, защитный эффект.
18. Методы удаления окислителя из коррозионной среды.
19. Катодные и анодные ингибиторы коррозии.
20. Смешанные ингибиторы. Летучие ингибиторы.
21. Катодная защита от внешнего источника тока.
22. Протекторная защита.
23. Анодная защита от внешнего источника тока.
24. Металлические защитные покрытия.
25. Неметаллические защитные покрытия: лакокрасочные, эмалевые.
26. Полимерные и металлполимерные покрытия.
27. Коррозионная стойкость железа. Железоуглеродистые сплавы: стали, чугуны.
28. Нержавеющие хромистые и хромоникелевые стали. Маркировка.
29. Межкристаллическая коррозия нержавеющей сталей. Способы предотвращения.
30. Коррозионная стойкость меди и ее сплавов.
31. Коррозионная стойкость никеля и его сплавов.
32. Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов.
33. Коррозионная стойкость титана и его сплавов.

**Оценочное средство 1 (Примерные вопросы к отчету по практическим занятиям)**

**Практическое занятие Коррозия**

**Цель выполнения работы:** изучить виды коррозии, потери от коррозии, допуски на коррозию.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Нарисовать схемы и рисунки влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Рассказать принцип работы

**Теоретическая часть.**

**Коррозия** - самопроизвольное разрушение материалов вследствие их физико-химического взаимодействия с окружающей средой (агрессивной атмосферой, морской водой, растворами кислот, щелочей, солей, различными газами и т.п.). Под действием агрессивной среды большинство металлов, обладающих в реальных условиях эксплуатации термодинамической нестабильностью, способны самопроизвольно разрушаться, переходя в окисленное состояние. В ряде случаев протекание коррозионного процесса приводит к более серьезным последствиям, чем потеря массы металла. К наиболее опасным последствиям, обусловливаемым коррозией, относится потеря металлом важных технологических и физико-механических свойств: механической прочности, пластичности, твердости, отражательной способности и т.п. В связи с этим при оценке потерь от коррозии необходим комплексный подход, включающий рассмотрение всех возможных последствий, вызываемых ею.

Потери, от коррозии можно разделить на прямые и косвенные.

**Прямые потери** - это стоимость заменяемых прокорродировавших изделий (машин, механизмов, трубопроводов, кровельных материалов и т.д.), затраты на защитные мероприятия (гальванические и лакокрасочные покрытия, использование ингибиторов, строительство складских помещений для хранения техники и т.п.) и безвозвратные потери металла (распыление его вследствие коррозии). По подсчетам специалистов, безвозвратные потери металла составляют около 10-15% мировой продукции стали.

**Косвенные потери** гораздо труднее поддаются подсчету, но даже по приближенной оценке они исчисляются миллиардами долларов. Приведем примеры косвенных потерь.

**1. Простои.** Замена прокорродировавшей трубы нефтеперегонной установки стоит несколько сотен долларов, но недовыработка продукции за время простоя может принести убыток до 20 тыс. долларов в час. Замена поврежденного коррозией котла или конденсатора на крупной электростанции может вызвать недовыработку электроэнергии на 50 тыс. долларов в день. Общая стоимость недовыработки электроэнергии в США из-за коррозионных простоев составляет десятки миллионов долларов в год.

**2. Потери готовой продукции.** В межремонтный период происходят утечки нефти, газа и воды вследствие коррозионных повреждений технических систем; коррозия автомобильного радиатора ведет к потере антифриза, а утечка газа из поврежденной трубы может привести к взрыву.

**3. Потеря мощности.** Из-за отложения продуктов коррозии ухудшается теплопроводность поверхностей теплообмена. Уменьшение проходных сечений трубопроводов из-за отложения ржавчины требует повышения мощности насосов. Подсчитано, что увеличение мощности насосов водопроводных систем обходится в миллионы долларов в год. В автомобильных двигателях внутреннего сгорания, где поршневые кольца и стенки цилиндров постоянно корродируют под действием газообразных продуктов сгорания и конденсатов, потери от увеличения потребления бензина и масла сравнимы с потерями от механического износа, а иногда превышают их. Потенциальные потери этого типа в системах преобразования энергии оцениваются в несколько миллиардов долларов в год.

**4. Загрязнение продукции.** Небольшое количество меди, поступившее в систему в результате коррозии медного трубопровода или латунного оборудования, может испортить целую партию мыла. Соли меди ускоряют старение и порчу мыла и тем самым уменьшают срок его хранения. Примеси металлов могут изменить цвет красителей. Свинцовое оборудование нельзя использовать для приготовления и хранения пищевых продуктов из-за токсичности солей свинца. Мягкая вода, проходящая по свинцовым трубопроводам, небезопасна для питья. К этой же группе потерь относится порча продуктов питания из-за ржавления металлических емкостей. Один из заводов, где консервируют фрукты и овощи, терпел убытки около миллиона долларов в год до тех пор, пока не были выявлены и устранены факторы, приводившие к локальной коррозии. Другое предприятие, использовавшее металлические крышки на стеклянных консервных банках, теряло 0,5 млн долларов в год из-за точечной коррозии крышек, что приводило к бактериальному заражению продукции.

**5. Допуски на коррозию.** Этот фактор является обычным при проектировании реакторов, паровых котлов, конденсаторов, насосов, подземных трубопроводов, резервуаров для воды и морских конструкций. В случаях, когда скорость коррозии неизвестна, а методы борьбы с ней неясны, проектирование таких конструкций значительно усложняется. Надежные данные о скорости коррозии позволяют более точно оценить срок эксплуатации оборудования и упрощают его проектирование. Типичным примером допусков на коррозию может служить выбор толщины стенок подземных нефтепроводов. Расчетная толщина стенки трубопровода диаметром 200 мм и длиной 362 км составляет 8,18 мм (с учетом коррозии), а применение соответствующей защиты от коррозии позволяет уменьшить ее до 6,35 мм, что приводит к экономии 3700 т стали и увеличению полезного объема трубопровода на 5 %. Очевидно, что косвенные потери составляют существенную часть общих коррозионных потерь. Однако подсчет косвенных потерь представляет собой трудную задачу даже в пределах одной отрасли промышленности. В ряде случаев потери вообще не могут быть выражены в денежных единицах. К таким случаям относятся аварии, связанные со взрывами, разрушением химического оборудования, или вызванные коррозией катастрофы самолетов, поездов, автомобилей и других транспортных средств, приводящие к потере здоровья или гибели людей. С развитием промышленного потенциала во всех странах темп роста коррозионных потерь стал превышать темп роста металлического фонда. Это обусловлено двумя основными причинами:

1) изменением структуры областей использования металла. Раньше металл потреблялся преимущественно железнодорожным транспортом, коммунальным хозяйством и станкостроением. Сейчас возрос удельный вес металлов в отраслях, использующих их в агрессивных средах (химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная промышленность, энергетика, автомобилестроение, авиация, морской флот и т.п.);

2) значительным повышением агрессивности атмосферы и естественных вод вследствие их загрязнения промышленными выбросами.

#### **Виды коррозии металлов.**

По механизму протекания коррозию разделяют на: химическую и электрохимическую.

По условиям протекания различают коррозию:

- газовую, обычно протекающую при высоких температурах;
- в неэлектролитах (бензин, керосин и т.д.);
- в электролитах (солях, кислотах щелочах)
- в естественных природных условиях (атмосферную, морскую, подземную);
- под воздействием внешнего тока (электрокоррозию);
- радиохимическую (под воздействием радиоактивного излучения);
- биологическую (под воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов);
- фреттинг-коррозию, или коррозионную эрозию (при одновременном воздействии коррозионной среды и сил трения);
- при кавитации (ударном воздействии коррозионной среды);
- контактную (при контакте металлов, имеющих различные потенциалы);
- щелевую, протекающую в узких щелях и зазорах между отдельными деталями;
- структурную, обусловленную структурной неоднородностью сплава;
- термоконтактную, возникающую за счет температурного градиента, обусловленного неравномерным нагреванием поверхности металла.

По характеру коррозионных поражений различают сплошную (или общую) и местную коррозию. Сплошная коррозия бывает равномерной. Сплошная коррозия охватывает всю поверхность металла и протекает на всей поверхности с одинаковой скоростью.

Поверхностная коррозия сосредоточивается на отдельных участках поверхности. Наиболее часто встречаются следующие ее разновидности: пятнистая, язвенная, точечная, сквозная, нитевидная под покрытием, подповерхностная. Подповерхностная коррозия начинается с поверхности, но распространяется преимущественно под поверхностью металла, вызывая его вспучивание и расслоение. При межкристаллитной коррозии разрушение

сосредоточено по границам зерен металла. Для сплавов характерна избирательная коррозия, которой подвергаются отдельные компоненты сплава. Возможна и внутрикристаллитная (транскристаллитная) коррозия. При одновременном воздействии коррозионной среды и механических напряжений наблюдается коррозионное растрескивание. Невозможно дать ответ на вопрос о том, какой из видов коррозионного разрушения наиболее опасен. Это зависит от условий эксплуатации изделий. Например, для силовых элементов конструкций наиболее опасны межкристаллитная коррозия и коррозионное растрескивание, для резервуара, трубопровода или реактора - точечная либо язвенная, для поверхностей трения, электрических контактов, высокочастотных волноводов - сплошная коррозия. В некоторых случаях опасна не столько сама коррозия, сколько загрязнение поверхности ее продуктами (декоративные покрытия, зеркала). В этом случае самой нежелательной является сплошная коррозия равномерного типа.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Коррозия. Прямые потери
2. Косвенные потери: простой, потери готовой продукции, потеря мощности, загрязнение продукции.
3. Допуски на коррозию.
4. Классификация видов коррозии металлов.

#### **Практическое занятие Химическая коррозия металлов.**

**Цель выполнения работы:** изучить химическую коррозию металлов.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Нарисовать схемы, диаграммы и рисунки влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Рассказать принцип работы.

При межкристаллитной коррозии разрушение сосредоточено по границам зерен металла. Для сплавов характерна избирательная коррозия, которой подвергаются отдельные компоненты сплава. Возможна и внутрикристаллитная (транскристаллитная) коррозия. При одновременном воздействии коррозионной среды и механических напряжений.

#### **Теоретическая часть.**

1. Термодинамическая вероятность образования продуктов окисления на поверхности металла. Коррозия металлов - самопроизвольный процесс. Критерием самопроизвольного протекания процесса в термодинамике является свободная энергия Гиббса (изобарно-изотермический потенциал)  $\Delta G$ . Из термодинамики известно, что условием принципиальной осуществимости самопроизвольного процесса является уменьшение свободной энергии Гиббса, т.е. условие  $\Delta G < 0$ . Для большинства соединений металлов  $\Delta G$  имеет отрицательные значения, что свидетельствует о возможности самопроизвольного протекания реакции окисления металла с образованием соответствующего соединения.

Например:  $\Delta G_{298} = -318,19$  кДж/моль для реакции  $Zn + 1/2 O_2 \rightarrow ZnO$  свидетельствует о том, что цинк может самопроизвольно окисляться. Чем ниже значение  $\Delta G$ , тем сильнее стремление металла к коррозии. Так, алюминий в щелочной среде будет корродировать более интенсивно ( $\Delta G_{298} = -1141,3$  кДж /моль), чем железо в соляной кислоте ( $\Delta G_{298} = -304,2$  кДж /моль).

2. По степени термодинамической нестабильности все металлы делятся на пять групп:

1. Металлы повышенной нестабильности (неблагородные):

Li, Rb, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg., Al, Ti, Zr, Mn, Cr, Zn, Fe. Могут корродировать даже в нейтральных водных средах.

2. Металлы термодинамически нестабильные (неблагородные):

Cd, In, Co, Ni, Mo, Pb, W. Устойчивы в нейтральных средах в отсутствие кислорода.

3. Металлы промежуточной термодинамической стабильности (полублагородные): Bi, Sb, Re, Cu, Tc, Ag, Rh. Устойчивы в кислых и нейтральных средах в отсутствие кислорода.



4. Металлы высокой стабильности (благородные): Hg, Pd, Ir, Pt.

5. Металл полной стабильности: Au.

Как видно из классификации, во влажной атмосфере очень немногие металлы (4-й и 5-й групп) можно рассматривать как устойчивые. Почему же в таком случае возможно техническое применение железа и его сплавов, а тем более алюминия и титана, магниевых сплавов? Дело в том, что термодинамика, давая оценку принципиальной возможности протекания коррозионного процесса, не позволяет судить о его скорости, устанавливающейся в реальных условиях.

3. Реальная скорость коррозии определяется многими факторами: состоянием поверхности металла и особенностями его структуры, температурой, составом и скоростью движения коррозионной среды, механическими напряжениями и др. Скорость коррозионного процесса определяется протеканием следующих основных стадий:

1) доставка к поверхности металла коррозионно-активных частиц (ионов, молекул), осуществляемая посредством диффузии или конвекции. Скорость диффузии определяется уравнением

$$u_d = k_d S dc/dx$$

где  $k_d$  - коэффициент диффузии (возрастает с увеличением температуры);  $S$  - площадь сечения, через которое протекает диффузия;  $dc/dx$  - градиент концентраций диффундирующих частиц;

2) взаимодействие частиц и металла (химическая реакция), протекающее во многих случаях многостадийно. Скорость реакции (количество вещества, реагирующего в единицу времени) определяют по формуле

$$u_p = k_p C \exp(-W/RT)$$

где  $k_p$  - константа скорости реакции;  $C$  - концентрация частиц;  $W$  - энергия активации;  $R$  - универсальная газовая постоянная;  $T$  - абсолютная температура;

3) отвод продуктов коррозии от поверхности металла, осуществляемый за счет диффузии. Продукты коррозии часто играют решающую роль в торможении коррозионного процесса, например путем образования пленок на поверхности металлов, тормозящих проникновение коррозионно-активных частиц.

4. Показатели коррозии

А) Прямые показатели коррозии:

убыль или увеличение массы, отнесенные к единице поверхности металла;

глубина коррозии;

доля поверхности, занятая продуктами коррозии;

количество коррозионных язв или точек на единице поверхности;

объем выделившегося с единицы поверхности водорода или поглощенного кислорода;

время до появления первого очага коррозии;

время до появления коррозионной трещины или полного разрушения образца;

сила тока коррозии.

Б) Косвенные показатели коррозии:

изменение физико-механических свойств металла (предела прочности при испытаниях на сжатие и разрыв, относительного удлинения, отражательной способности и др.);

изменение электросопротивления.

5. Некоторые из приведенных показателей, отнесенные к времени развития коррозионного процесса, выражают скорость коррозии, например в случае равномерной коррозии ее скорость может быть определена по формуле

$$v = \Delta m / (S \tau),$$

где  $\Delta m$  - убыль (увеличение) массы;  $S$  - площадь поверхности;  $\tau$  - время. Обычно  $v$  выражают в таких единицах:  $г/(м^2ч)$  или  $мг/(см^2-сут)$ .

Весовой показатель не всегда удобен, особенно если сравнивается коррозия металлов разной плотности. В таких случаях лучше пользоваться глубинным показателем коррозии, т.е. средней глубиной проникновения коррозионного разрушения в металл:

$$П = 8,76 v/\rho \text{ (мм/год)}$$

где 8,76 - коэффициент для перехода от измерения весового показателя скорости коррозии в расчете на 1 ч к глубинному показателю в расчете на 1 год (24 ч x 360 = 8760 ч); v — скорость коррозии, г/(м<sup>2</sup>·ч); ρ - плотность, г/см<sup>3</sup>.

В том случае, если коррозия имеет местный характер, скорость ее не может быть точно охарактеризована весовым или глубинным показателем. При питтинговой коррозии необходимо определять максимальный глубинный показатель.

6. При межкристаллитной коррозии и коррозионном растрескивании скорость коррозии количественно характеризуется механическим показателем коррозии, например по потере прочности Кσ:

$$Кσ = [(\sigma_0 - \sigma_1) / \sigma_0] \cdot 100\%$$

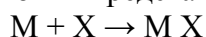
где σ<sub>0</sub> - предел прочности до коррозии; σ<sub>1</sub> — предел прочности после коррозии, рассчитанный по отношению к первоначальной площади сечения металлического образца. Для грубой оценки коррозионной стойкости металлов существует десятибалльная шкала (табл. 1).

Химический механизм коррозионного разрушения металлов имеет место при их соприкосновении с сухими газами при высоких температурах или с неэлектролитами. Особенностью коррозии этого вида, отличающей ее от электрохимической, является протекание в одном химическом акте, в то время как электрохимическая коррозия протекает за счет сопряженных реакций окисления и восстановления, часто разделенных пространственно.

7. Наиболее важным видом химической коррозии является газовая коррозия, под которой понимают взаимодействие металлов и газов (прежде всего кислорода) при высокой температуре. Такая коррозия имеет место при термической обработке металлов, при работе деталей и конструкций в двигателях и энергетических установках и т.д. Способность металлов сопротивляться коррозионному воздействию газов при высоких температурах называется жаростойкостью, а способность сохранять при этом высокие механические свойства - жаропрочностью. Это разные понятия. Металл может быть жаростойким, но не жаропрочным, и наоборот. Например, сплавы алюминия при температуре 400 - 450 °С жаростойкие, но не жаропрочные, а быстрорежущая вольфрамовая сталь при температуре 600 - 700 °С жаропрочная, но не жаростойкая. Сплавы на основе никеля и хрома и жаропрочные и жаростойкие.

Критерием возможности протекания коррозионного процесса является изобарноизотермический потенциал ΔG. Условие самопроизвольного протекания процесса коррозии (окисления металла) выражает неравенство ΔG < 0. При положительном значении ΔG процесс протекает в обратном направлении и металл восстанавливается из продуктов коррозии.

8. При газовой коррозии в качестве окислителей могут выступать кислород, водяной пар, сероводород, галогены, сера и т.д. В общем случае протекание химического процесса между металлом (М) и окислителем (Х) может быть представлено уравнением



### Контрольные вопросы

1. Термодинамическая вероятность образования продуктов окисления на поверхности металла.
2. Степень термодинамической нестабильности металлов
3. Реальная скорость коррозии.
4. Показатели коррозии
5. Скорость равномерной коррозии.
6. Скорость межкристаллизационной коррозии.
7. Газовая коррозия, жаропрочность, жаростойкость.
8. Окислители и химический процесс газовой коррозии

## Практическое занятие Электрохимическая коррозия металлов

**Цель выполнения работы:** изучить процессы, протекающие при электрохимической коррозии

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретическую часть лабораторного занятия.
2. Нарисовать диаграммы и объяснить влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Изучить диаграммы и рассказать принцип определения условий коррозии

### Теоретическая часть

1. Термодинамика электрохимической коррозии. Процесс электрохимической коррозии можно рассматривать как совокупность двух сопряженных реакций - анодной (окисление) и катодной (восстановление):  $M - z e \rightarrow M^{2+}$ ;  $D + z e \rightarrow [Dz]$ ,

где D - деполяризатор (окислитель), присоединяющий к себе z электронов e, освобождающихся в результате анодной реакции.

Термодинамическую возможность протекания коррозионного процесса можно определить с помощью уравнения  $-\Delta G = zFE$

Где F – число Фарадея; E – разность потенциалов, характеризующих катодную и анодную реакцию.

Чем более электроотрицателен электродный потенциал, тем менее стабилен металл. Коррозия возможна, если  $\Delta G < 0$ . Коррозия невозможна, если  $\varphi_k < \varphi_a$ . Здесь  $\varphi_k$  - катодный потенциал,  $\varphi_a$  - анодный потенциал. При этом необходимо учитывать конкретные анодную и катодную реакции. Анодная реакция определяется природой соответствующего металла.

Реакция катодной деполяризации протекает при взаимодействии освобождающихся электронов с ионами (водорода, металла), анионами кислот, нейтральными молекулами (кислородом, пероксидом водорода), нерастворимыми оксидами и гидроксидами или с органическими соединениями. К основным катодным реакциям относятся водородная и кислородная деполяризация.

### Контрольные вопросы:

1. Термодинамика электрохимической коррозии.
2. Катодные реакции.
3. Анализ диаграммы потенциал- водородный показатель.
4. Анализ диаграммы Пурбе.
5. Способы торможения коррозии железа.

## Практическое занятие Коррозионно-механическое разрушение металлов

**Цель выполнения работы:** изучить коррозионно-механическое разрушение металлов

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Представить рисунки и влияние различных факторов на коррозию
3. Рассказать принцип работы

### Теоретическая часть

1. В процессе эксплуатации изделия из металлов часто подвергаются одновременному воздействию механических напряжений и коррозионно-активных сред. В этом случае механические напряжения могут изменять условия коррозии и ее конечный результат. Механические напряжения могут быть внутренними, обусловленными термической или механической обработкой, и приложенными извне. Последние подразделяют на статические и переменные (многократно изменяющиеся). Внутренние напряжения могут быть растягивающими и сжимающими, причем в каждой отдельной детали суммы тех и других равны. В случае приложения растягивающих напряжений величина и знак изменения электродного потенциала определяются: повышением свободной энергии и связанным с этим

понижением термодинамической устойчивости металла; разрушением первичных защитных пленок; изменением адсорбции поверхностно-активных веществ (ПАВ), содержащихся в растворе.

Понижение термодинамической устойчивости металла. При стандартных условиях в отсутствие напряжений электродный потенциал металла - стандартный электродный потенциал ненапряженного металла,  $V$ ;  $\Delta G_a^\circ$  - стандартное изменение энергии Гиббса анодного процесса;  $z$  - число электронов, участвующих в анодном процессе. Изменение энергии Гиббса анодного процесса где  $\Delta G_{M^{2+}}$  - стандартная энергия Гиббса катионов металла;  $\Delta G_M$  - стандартная энергия Гиббса металла. Для ненапряженного металла  $\Delta G_M^\circ = 0$

2. Влияние статистических напряжений на скорость коррозии. В следствии изменения электрохимических характеристик металлов под действием деформации изменяется и скорость их коррозии. На нее оказывает влияние напряжений, характер катодного и анодного пространств. Это обусловлено тем, что скорость коррозии ненапряженной стали в серной кислоте при добавлении хлорида натрия снижается за счет адсорбции анионов хлора. В случае приложения растягивающих напряжений адсорбция анионов хлора тормозится, в результате чего  $v_a/v$  возрастает более резко, чем в чистой серной кислоте. При коррозии с кислородной деполаризацией степень влияния растягивающих напряжений на скорость коррозии зависит от сил коррозионного и предельного диффузионного токов.

3. Коррозионное растрескивание. Коррозионным растрескиванием называют растрескивание металлов при одновременном воздействии коррозионной среды и растягивающих напряжений. Это один из наиболее опасных видов коррозии. Ему присущи следующие особенности:

- хрупкий характер трещин;
- направление трещин, перпендикулярное к растягивающим напряжениям;
- образование межкристаллитных, транскристаллитных или смешанных трещин с разветвлениями.

Процесс развития трещины состоит из трех стадий:

I - инкубационная - образование на поверхности металла первичных микротрещин; II - развитие коррозионной трещины; III - конечное лавинообразное разрушение.

Считается, что процесс коррозионного растрескивания имеет электрохимическую природу. При этом концентратор напряжения является анодом, а остальная поверхность - катодом. Для образования трещин необходимы следующие условия:

- неравномерное распределение растягивающих усилий;
- наличие коррозионной среды, увеличивающей скорость коррозии под напряжением и локализующей анодный процесс;
- скорость коррозии в месте концентратора напряжений, большая, чем скорость коррозии на остальной поверхности.

4. Коррозионная усталость Растрескивание металлов под воздействием знакопеременной нагрузки или периодической динамической нагрузки называют усталостным разрушением. Чем больше приложенное в каждом цикле напряжение, тем быстрее разрушается металл.

Максимальное напряжение, при котором усталостное разрушение при комнатной температуре не наступает через  $10^7$  и более циклов, называется пределом усталости (пределом выносливости). Для сталей реальный предел усталости ( $\sigma_{-1}$ ) составляет около половины прочности на растяжение.

Усталостная прочность любого металла - это напряжение, ниже которого металл не разрушается при заданном числе циклов. Переменное напряжение, которое вызывает коррозионную усталость металла через заданное число циклов, называется условным пределом коррозионной усталости или условным пределом коррозионно-усталостной прочности.

5. Фреттинг –коррозия. (коррозия при трении) – это усталостное или коррозионноусталостное разрушение металла, происходящее на поверхности раздела двух контактирующих друг с другом тел, причем оба они (или одно из них) металлические и слегка

скользят относительно друг друга. Скольжение например, при вибрации) имеет обычно колебательный характер. Фреттинг-коррозия часто является причиной разрушения рессор, головок болтов и заклепок, деталей самоустанавливающихся подшипников, деталей на горячей посадке, контактов реле и других механизмов, подвергающихся вибрации.

6. Коррозия при кавитации жидкая коррозионная среда может оказывать механическое воздействие на поверхность металла вследствие кавитации (от лат. *cavitas* — пустота) - возникновения при определенных условиях парогазовых пузырьков в потоке жидкости и последующего уменьшения и исчезновения этих пузырьков при перемещении их в зоны с более высоким давлением. Сжатие пузырьков происходит с большой скоростью, в результате чего поверхность металла, контактирующего с жидкостью, подвергается гидравлическим ударам, которые создают пульсирующие напряжения и могут разрушать не только поверхностные пленки, но и металл в микрообъемах. Механизм процессов, протекающих при фреттинг-коррозии:

Существует предположение, что большая потеря массы металла в коррозионной среде объясняется локальной коррозионной усталостью. Кавитационной эрозии подвержены роторы насосов, поверхности гребных винтов, лопатки водяных турбин, цилиндры дизельных двигателей, охлаждаемые водой. Для уменьшения таких разрушений металла рекомендуется эксплуатировать центробежные насосы при высоких давлениях, препятствующих образованию пузырьков. Деаэрация воды уменьшает разрушение турбинных лопаток. Эластичные покрытия (резина, неопрен) придают устойчивость к разрушениям этого типа. Уменьшить склонность изделий к кавитационной эрозии можно, изменив их форму и чистоту обработки, а также добавив в раствор ПАВ.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Классификация механических напряжений.
2. Влияние статистических напряжений на электрохимическое поведение сплавов.
3. Влияние статистических напряжений на скорость коррозии.
4. Коррозионное растрескивание.
5. Коррозионная усталость.
6. Фреттинг –коррозия.
7. Коррозия при кавитации.

### **Практическое занятие Коррозия в естественных условиях**

**Цель выполнения работы:** изучить протекание коррозии в естественных условиях.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Нарисовать схемы установок и рисунки влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Рассказать принцип работы.

#### **Теоретическая часть.**

**Локальной** называют коррозию, при которой металлы и сплавы разрушаются на отдельных участках, тогда как остальная поверхность почти не разрушается. Наиболее опасные виды локальной коррозии - межкристаллитная, контактная, щелевая и точечная (питтинговая).

**Межкристаллитная коррозия (МКК)** представляет собой разрушение сплава, локализованное на границах его зерен. К ней склонны нержавеющие стали (Fe - Cr, Fe - Cr - Ni), алюминиевые сплавы (Al - Si, Al - Mg - Si, Al - Mg - Si), никелевые сплавы (Ni - Mo, Ni - Cr - Mo) и некоторые другие.

**Контактной коррозией (КК)** называют электрохимическую коррозию, вызванную контактом металлов, имеющих в данном электролите разные стационарные потенциалы. При этом возникает коррозионный гальванический элемент, работа которого влияет на скорость коррозии каждого контактирующего металла.

**Щелевой коррозией (ЩК)** называют коррозию в щелях и зазорах между металлами, а также в местах неплотного контакта металла с неметаллическим коррозионно-инертным материалом. Большинство металлоконструкций эксплуатируется в атмосферных условиях, поэтому атмосферная коррозия (АК) - наиболее распространенный вид коррозии. Ее протекание возможно при наличии влаги на поверхности металла, вследствие чего степень и длительность увлажнения поверхности металла - важнейшие факторы, определяющие опасность АК.

Относительная влажность, соответствующая началу адсорбционной конденсации влаги, называется критической влажностью. Она зависит от природы металла, его состояния и от степени загрязнения воздуха. В области сухой коррозии (I) конденсации влаги на поверхности практически нет; коррозия протекает по химическому механизму. В области влажной коррозии на поверхности металла присутствует адсорбционная пленка влаги; коррозия протекает с анодным торможением.

**Подземная коррозия.** В почве находится большое количество металлоконструкций. Из-за коррозии эти конструкции приходится постоянно ремонтировать и заменять. Скорость коррозии возрастает с увеличением глубины залегания металлоконструкций, но не беспредельно. Коррозия в почве протекает с кислородной деполяризацией. В кислых почвах возможна и водородная деполяризация. Эмпирическое уравнение, связывающее максимальную глубину раковины коррозии (Р) с временем эксплуатации трубопровода (т), имеет следующий вид:

$$P = K \times t^p,$$

где К - коэффициент пропорциональности; p - константа, зависящая от степени аэрации почвы: в хорошо аэрируемых грунтах  $p = 0,1...0,2$  (песок, суглинок), в слабо аэрируемых (торф, тяжелые глины)  $p = 0,6...0,7$ . В большинстве почв процесс протекает с катодным контролем.

Борьба с подземной коррозией сводится обычно либо к нанесению защитных и изолирующих металлических покрытий, либо к электрохимической (протекторной, катодной) защите.

Биологической коррозией называют коррозию металла вследствие жизнедеятельности микроорганизмов. В почвогрунтах и природных поверхностных водах содержится огромное количество популяций микроорганизмов (бактерии, грибы, водоросли, простейшие и т.д.). В настоящее время можно считать установленным, что из всех микроорганизмов наибольшую роль в коррозии играют бактерии - первые живые организмы на Земле. Установлено, что в анаэробной нейтральной почвенной среде при наличии сульфатвосстанавливающих бактерий скорость коррозии может быть очень большой.

**Морская коррозия.** Морская вода содержит большое количество солей (3,0...3,5%), в том числе ионов - активаторов коррозии. Она имеет нейтральную или слабощелочную реакцию (рН — 7,2...8,6), характеризуется большой электропроводностью, высоким содержанием кислорода (до 8 мг/л). Все это способствует интенсивной коррозии металлов с кислородной деполяризацией в морской воде. Для защиты корпусов морских судов от коррозии применяют лакокрасочные покрытия на виниловой, фенолформальдегидной, каменноугольной и битумной основах. В покрытия для подводной части судов вводят вещества, токсичные для микроорганизмов (CuO, HgO и др.). Из металлических покрытий чаще всего применяют кадмиевые. Цинковые покрытия менее устойчивы к морской коррозии.

Коррозия, вызванная блуждающими токами, - это электрохимическая коррозия металла, обусловленная действием блуждающих токов. Основными источниками блуждающих токов в земле являются электрифицированные железные дороги, трамвай, метрополитен, шахтный электротранспорт, линии электропередачи постоянного тока по системе провод - земля. Особенность коррозии, вызванной блуждающими токами, заключается в том, что ее скорость практически не ограничена скоростью доставки кислорода, как при почвенной коррозии. В реальных условиях протекания процесса электрохимической коррозии стальных

трубопроводов в анодных зонах основными факторами, определяющими потери металла, являются параметры наложенного тока.

**Контрольные вопросы:**

1. Локальная коррозия.
2. Атмосферная коррозия.
3. Подземная коррозия.
4. Биологическая коррозия в почве.
5. Морская коррозия.
6. Коррозия, вызванная блуждающими токами.

**Практическое занятие Коррозия основных конструкционных металлов и сплавов**

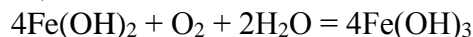
**Цель выполнения работы:** изучить коррозию основных конструкционных металлов и сплавов

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Нарисовать схемы установок и рисунки влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Рассказать принцип работы

**Теоретическая часть**

1. Стандартный электродный потенциал процесса окисления железа  $Fe - 2e \rightarrow Fe$  равен -0,44 В, а процесса  $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e$  равен -0,037 В. Поэтому при коррозии железо переходит в раствор в виде катионов Fe. Оно может корродировать и с кислородной, и с водородной деполяризацией. В нейтральных растворах коррозия железа протекает преимущественно с кислородной деполяризацией. Образующиеся при этом продукты (катионы  $Fe^{2+}$  и анионы  $OH^-$  взаимодействуют с образованием гидроксида железа (II) белого цвета, который окисляется до гидроксида железа (III) бурого цвета:



При дальнейшем превращении этих продуктов образуется ржавчина, состав которой можно выразить уравнением  $nFe_2O_3 + t FeO + qH_2O$ .

Влияние кислорода и анионов. С увеличением содержания кислорода в коррозионной среде скорость коррозии железа вначале возрастает, достигая максимального значения (для водных растворов) при содержании кислорода  $16 \text{ см}^3/\text{дм}^3$ , затем уменьшается. Последнее обусловлено пассивацией железа за счет образования оксидной пленки. В нейтральных растворах хлоридов или сульфатов увеличение концентрации соли приводит к экстремальному изменению скорости коррозии. При этом для раствора NaCl максимум скорости соответствует 3% - й концентрации раствора. При меньшем содержании NaCl анионы  $Cl^-$  активируют и облегчают анодный процесс, при большем содержании уменьшается растворимость кислорода. В присутствии анионов  $NO_2^-$ ,  $CrO_4^{2-}$  и других скорость коррозии железа понижается и может быть сведена к нулю за счет торможения анодного процесса насыщенный раствор которого имеет  $pH = 9,5$ . При большем pH железо пассивируется и скорость коррозии уменьшается.

Ингибирующее действие на коррозию железа в кислотах оказывают также многие органические вещества, молекулы которых содержат серу, азот, фосфор, кислород и соединения с ненасыщенными связями.

**Атмосферная коррозия железа.** Она протекает с кислородной деполяризацией. При этом под тонкой пленкой влаги коррозия идет более интенсивно, чем при полном погружении материала в электролит. Критическая влажность для чистого железа в чистом воздухе составляет примерно 100% , при содержании 0,1 %  $SO_2$  - 70, а при наличии на поверхности ржавчины – 55-65%. Коррозии железа способствует загрязнение воздуха  $SO_2$ , HCl,  $H_2S$ ,  $Cl_2$ , NaCl,  $Na_2SO_4$ , а также частичками угля. Образовавшиеся продукты коррозии оказывают защитное действие, поэтому скорость АК со временем снижается. Например, в условиях

промышленной атмосферы скорость АК железа за 9 лет снижается в 20 раз. Следует отметить, что это не относится к прокатной окалине, которая всегда усиливает коррозию.

**Коррозия низколегированных сталей.** Сталь - основной конструкционный материал. Компонентом, во многом определяющим механические свойства сталей, является углерод, в низколегированных сталях наибольшее его количество содержит цементит. Электродный потенциал цементита обычно более положителен, чем остальных структурных составляющих стали, поэтому он работает в качестве катода. При коррозии в атмосферных условиях цементит и другие катодные составляющие мало влияют на скорость коррозии. В кислых средах при протекании коррозии с водородной.

Зависимость скорости коррозии железа в водном растворе от кислотности среды. В концентрированных щелочах при повышенной температуре скорость коррозии может снова увеличиться за счет образования гипоферрита  $FeO_2$ , при этом выделяется водород.

В неокислительных кислотах ( $HCl$ ,  $H_2SO_{4разб.}$ ) коррозия железа происходит с водородной деполяризацией. Введение в  $H_2SO_4$  ионов  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  - уменьшает скорость коррозии железа вследствие их адсорбции на поверхности металла и торможения анодного и катодного процессов. В кислых средах при протекании коррозии с водородной деполяризацией влияние цементита весьма велико. В общем повышение содержания углерода в стали увеличивает скорость ее коррозии в кислотах. Скорость коррозии стали возрастает также с увеличением содержания карбидов, которое зависит от температуры отпуска: с повышением температуры оно сначала возрастает, а затем уменьшается. Этим же обусловлена аналогичная зависимость скорости коррозии стали от температуры отпуска.

**Высокохромистые стали.** Сталь с содержанием хрома не менее 12% переходит в пассивное состояние. При этом скорость коррозии снижается. В кислотах-неокислителях ( $HCl$ ,  $H_2SO_{4разб.}$ ) с увеличением содержания хрома скорость коррозии стали растет, а в кислотах-окислителях ( $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  конц.) снижается. Коррозионная стойкость этих сталей зависит от вида термической обработки. После закалки они обладают высокой коррозионной стойкостью.

Хромо-никель аустенитные стали. Введение никеля в хромистые стали расширяет аустенитную область и улучшает их механические свойства. Коррозионная стойкость таких сталей обусловлена в основном хромом. Никель несколько увеличивает их стойкость в кислотах-неокислителях. Аустенитные стали неустойчивы в кипящей  $HNO_3$  (из-за перепассивации), корродируют в соляной, разбавленной серной, ледяной уксусной кислотах и в кипящих щавелевой и муравьиной кислотах.

**Коррозия меди и её сплавов.** Стандартный электродный потенциал меди ( $\phi_0 = +0,34$ ), поэтому медь может корродировать только с кислородной деполяризацией и переходит в раствор в виде  $Cu^{2+}$ . При взаимодействии  $Cu^{2+}$  и  $OH^-$  образуется труднорастворимый гидроксид  $Cu(OH)_2$ . В присутствии  $H_2S$  образуется  $CuS$ , углекислого газа -  $(CuOH)_2CO_3$ , сернистого газа -  $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$ . Медь корродирует с катодным контролем. В воде, нейтральных растворах и в атмосферных условиях она обладает высокой коррозионной стойкостью за счет образования защитных пленок из продуктов коррозии  $Cu(OH)_2$ ,  $(CuOH)_2 \cdot CuCO_3$ . В присутствии сернистого газа образуется пленка  $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$ , не обладающая защитными свойствами, поэтому коррозия меди усиливается. Изменение содержания основных легирующих элементов в низколегированных сталях не оказывает существенного влияния на скорость коррозии. Присутствие серы увеличивает скорость атмосферной коррозии и коррозии в кислотах. Медь (0,3...0,8%) заметно повышает устойчивость низколегированных сталей к атмосферной коррозии.

Медь устойчива в кислотах-неокислителях и легко растворяется в кислотах-окислителях. Сплавы меди могут обладать как большей коррозионной стойкостью (оловянистые бронзы, алюминиевые бронзы), так и меньшей (латунь). Латунь подвержена избирательной коррозии при содержании цинка более 15% и коррозионному растрескиванию.

**Коррозия алюминия и его сплавов.**



Стандартный электродный потенциал алюминия  $\phi_0 = -1,66$  В, что свидетельствует о его низкой термодинамической стабильности. На воздухе алюминий покрывается пленкой  $Al_2O_3$ . Это повышает электродный потенциал (в 3% -м растворе NaCl он составляет  $-0,55$  В). В соответствии с величиной электродного потенциала алюминий может корродировать и с кислородной, и с водородной деполяризацией. Продукты коррозии взаимодействуют с  $OH^-$  образуя при  $pH > 4$  труднорастворимый  $Al(OH)_3$ , превращающийся затем в  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ . Оксидная и гидроксидная пленки обладают хорошей защитной способностью, поэтому алюминий устойчив в нейтральных растворах электролитов, не содержащих активаторов (СГ), в атмосферных условиях (даже в присутствии  $SO_2$ ). Скорость коррозии алюминия возрастает как при уменьшении, так и при увеличении pH что связано с амфотерными свойствами оксида и гидроксида алюминия.

**Сплавы алюминия.** Дуралюмин (сплав Al - Si) приобретает высокие механические свойства только после старения. При естественном старении коррозионная стойкость дуралюмина не снижается. При искусственном старении интерметаллиды  $CuAl_2$ , выпадающие по границам зерен, снижают коррозионную стойкость алюминия. Коррозионная стойкость сплава Al - Zn ниже, чем дуралюмина, который корродирует даже после естественного старения.

#### **Коррозия других цветных металлов.**

Магний имеет сильно отрицательный стандартный электродный потенциал, поэтому легко корродирует с водородной и кислородной деполяризацией. Он корродирует практически в любых кислотах, кроме плавиковой HF (образуется защитная пленка  $MgF_2$ ), а в нейтральных растворах корродирует с водородной деполяризацией. Наиболее легко магний корродирует в  $NH_4Cl$ , растворяющем пленку гидроксида  $Mg(OH)_2$ :  $Mg(OH)_2 + 2NH_4^+ = Mg^{2+} + 2NH_4OH$ . Примеси никеля, железа, меди увеличивают скорость коррозии магния в нейтральной среде. Коррозионная стойкость сплавов магния находится на уровне стойкости чистого магния или превышает его (сплавы Mg - Al). Для защиты от коррозии сплавов магния используют хромирование, фосфатирование, анодное окисление с последующей окраской. Никель имеет стандартный электродный потенциал  $\phi_0 = -0,25$ В. По сравнению с железом он больше склонен к пассивации. В нейтральных растворах никель корродирует с кислородной деполяризацией, в растворах кислот-неокислителей слабо корродирует с водородной деполяризацией. Он малоустойчив в азотной кислоте. Атмосферная коррозия зависит от наличия механических напряжений. Устойчив в сельской и морской атмосфере.

Титан - термодинамически неустойчивый металл, имеющий электродный потенциал  $\phi_0 = -1,63$  В. Но он легко пассивируется и хорошо сохраняет пассивное состояние даже в растворах, содержащих активаторы (анионы  $Cl^-$ ). Этим объясняется его высокая коррозионная стойкость в морской воде,  $HNO_3$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$  и  $H_3PO_4$ . Однако приложение растягивающих усилий может значительно увеличить скорость коррозии титана в этих средах. Сплавы Ti -Al склонны к коррозионному растрескиванию.

Цинк и кадмий могут корродировать как с водородной, так и с кислородной деполяризацией. Железо, медь и другие примеси с низким перенапряжением водорода ускоряют коррозию цинка в кислотах. Чистый цинк в кислотах-неокислителях корродирует слабо. В нейтральных растворах цинк и кадмий корродируют с кислородной деполяризацией. При этом на поверхности данных металлов образуются защитные пленки гидроксидов. Гидроксид цинка амфотерен и растворяется в кислотах и щелочах, поэтому при повышении pH скорость коррозии цинка сначала понижается, а потом снова повышается. Для гидроксида кадмия характерны только основные свойства, поэтому при повышении pH скорость его коррозии уменьшается. Коррозия цинка зависит от температуры, она наиболее интенсивна при  $+60^\circ C$ .

#### **Контрольные вопросы.**

1. Коррозия железа и его сплавов: высокохромистые стали, хромо-никель аустенитные стали.
2. Зависимость скорости коррозии стали от температуры отжига.
3. Коррозия меди и её сплавов.

4. Коррозия алюминия и его сплавов.
5. Коррозия других цветных металлов: магния, сплавы магния; никеля, титана, цинка и кадмия.
6. Коррозия низколегированных сталей.

### **Практическое занятие Защита конструкционных материалов от коррозии**

**Цель выполнения работы:** изучить защиту конструкционных материалов от коррозии

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Нарисовать схемы установок и рисунки влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Рассказать принцип работы.

#### **Теоретическая часть**

1. Защита металлов от коррозии Проблема защиты от коррозии возникла одновременно с началом использования металла. Методы защиты от коррозии: 1) изоляция металла от воздействия агрессивной среды; 2) изменение свойств коррозионной среды.

По первому методу металл изолируют от окружающей среды путем нанесения на его поверхность различных покрытий, более устойчивых к агрессивной среде, чем сам металл. Такими покрытиями могут быть пленки из труднорастворимых оксидов и солей данного металла, из других металлов, из силикатов, цементов, смол, пластмасс, лаков и красок, эмалей и смазок.

Второй метод защиты основан на изменении свойств агрессивной среды путем обработки различного рода реагентами или введения добавок, снижающих ее агрессивность.

Третий метод защиты - электрохимический. К его разновидностям относят катодную, анодную и протекторную защиту, электродренаж. При катодной защите к защищаемому объекту подсоединяют отрицательный полюс источника тока, а к положительному полюсу - дополнительный электрод (чугунный или стальной лом). При анодной защите защищаемый объект подвергают воздействию анодного тока такой силы, чтобы сдвинуть потенциал объекта в пассивную сторону.

2. Защита от коррозии с помощью металлических покрытий. Нанесение металлических покрытий - один из наиболее распространенных методов защиты от коррозии. По способу защитного действия металлические покрытия делят на анодные и катодные. К анодным относят покрытия, обладающие более электроотрицательным потенциалом, чем защищаемый металл. Катодными называют покрытия, имеющие более положительный потенциал, чем защищаемый металл. Такие покрытия надежно защищают металл только при условии их сплошности; в противном случае возникает гальванический элемент, в котором основной металл, являясь анодом, разрушается. Катодные покрытия защищают металл чисто механически, изолируя его от агрессивной среды. К катодным покрытиям по отношению к железу относятся медь, никель, олово, свинец, хром.

По способу нанесения их делят на: гальванические, химические, диффузионные, металлизационные и механотермические.

Гальванические покрытия получают методом электролитического осаждения металла из раствора соответствующих солей (метод гальваностегии). Металл, на который наносят покрытие, является катодом, а анодом служат обычно пластины осаждаемого металла. Нанесение металлических покрытий из расплава на стальные листы и проволоку - наиболее простой способ. Такие покрытия образуются путем погружения защищаемого металла в расплавленный металл покрытия. Для растворения поверхностных оксидов и обеспечения лучшего сцепления покрываемый металл предварительно обрабатывают флюсом (при лужении - раствором хлорида цинка).

Термодиффузионные покрытия получают, насыщая поверхностные слои металла атомами других элементов, которые диффундируют вглубь. Диффузия осуществляется при высоких температурах. В качестве элементов, образующих диффузионные защитные

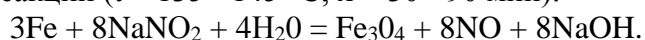
покрытия, используют алюминий (алитирование), хром (термохромирование), кремний (термосилицирование).

Термохромирование стальных изделий проводят для повышения их жаростойкости и защиты от коррозии в агрессивных жидкостях (азотной, серной, уксусной и других кислотах). Для термохромирования применяют феррохром или порошкообразный хром в смеси с оксидом алюминия и хлоридом алюминия, которые предохраняют шихту от спекания и окисления. Температура процесса 1000 - 1100 °С, продолжительность - до 20 ч.

3. Неметаллические защитные покрытия. Неорганические покрытия. Силикатные эмали. Их получают из силикатной шихты (размолотое стекло), наносимой на подготовленную (протравленную) поверхность металла и нагреваемой до размягчения и сцепления с поверхностью. Среди неорганических покрытий они получили наибольшее распространение. Их изготавливают из полевого шпата, кварца, буры, тугоплавких оксидов (TiO<sub>2</sub>, BeO, ZrO<sub>2</sub>, MgO и др.). Эмалевые покрытия наносят в основном на сталь, некоторые пригодны для чугуна, меди, латуни и алюминия. Стеклоэмали эффективно защищают металл от коррозии во многих средах.

Покрытия на основе вяжущих материалов. Это главным образом цементные толстослойные облицовочные покрытия.

Конверсионные покрытия. К ним относят защитные покрытия, получаемые в результате химической реакции непосредственно на поверхности металла фосфатные, оксидные, хроматные покрытия). Химическое оксидирование (воронение) стали можно, например, провести по следующей реакции (t = 135 - 145 °С, х = 30 - 90 мин):



При термическом оксидировании стальные детали, нагретые до температуры 450...470 °С, помещают в льняное масло, а при 300 °С - в расплав солей, содержащих 55% NaNO<sub>2</sub> и 45% NaNO<sub>3</sub>. В первом случае образуется пленка черного цвета, во втором - синего. Хроматные покрытия на цинке получают, погружая очищенную металлическую деталь на несколько секунд в раствор бихромата натрия (200 г/л), подкисленный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (8 мл/л), при комнатной температуре, а затем подвергая ее промывке и сушке (хроматирование). Гуммировочные материалы. Под гуммированием понимают нанесение на поверхность защищаемых изделий покрытий из натуральных или синтетических каучуков. Это один из широко используемых способов защиты оборудования от коррозии, кавитационных, эрозионных и других видов воздействий, приводящих к разрушению материалов.

4. Защитные покрытия на основе полимеров. Лакокрасочные материалы – это жидкие или пастообразные составы, которые при нанесении тонким слоем на твердую подложку высыхают с образованием пленки (покрытия), удерживаемой на поверхности силами адгезии. Различают три основных вида лакокрасочных покрытий: масляные краски, лаки и эмали. Преобразователи ржавчины, только химически взаимодействуют с продуктами коррозии, и поверхность после их применения необходимо грунтовать обычными грунтовками. Грунтовки-преобразователи одновременно с преобразованием продуктов коррозии создают на поверхности металла полимерную пленку, так как содержат пленкообразующие вещества. Нанесение покрытий из полимерных порошков заключается в том, что порошкообразный полимер, расплавляясь на поверхности, образует на ней монолитную защитную пленку. В зависимости от метода нанесения и количества наносимых слоев толщина защитного покрытия составляет 0,2 - 1,5 мм, т.е. из порошков можно наносить как тонкослойные, так и толстослойные покрытия. Ряд покрытий наносят на специальные грунтовки. Например, порошковые покрытия из композиций ПВХ наносят либо на фосфатированную поверхность, либо по грунтовке (жидкая каучукофенольная КЧ-01-89 или порошков).

#### **Контрольные вопросы**

1. Защита металлов от коррозии. Методы защиты: изоляция металла от воздействия агрессивной среды; изменение свойств коррозионной среды, электрохимический.

2. Защита от коррозии с помощью металлических покрытий: анодные покрытия, катодные.

покрытия, гальванические, химические, диффузионные, металлизационные и механотермические.

3. Неметаллические защитные покрытия: неорганические покрытия, покрытия на основе вяжущих материалов, конверсионные покрытия, химическое оксидирование, хроматные покрытия, гуммировочные материалы.

4. Защитные покрытия на основе полимеров: преобразователи ржавчины, грунтовок-преобразователи, нанесение покрытий из полимерных порошков.

### **Практическое занятие Основы ингибиторной защиты**

**Цель выполнения работы:** изучить основы ингибиторной защиты

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретическую часть занятия.
2. Нарисовать схемы установок и рисунки влияния различных факторов на свойства изделия.
3. Рассказать принцип работы.

#### **Теоретическая часть.**

**1. Механизм действия ингибиторов коррозии.** В тех случаях, когда нанесение защитных покрытий на изделие невозможно или нанесенные покрытия не обеспечивают необходимой защиты, снижение скорости коррозии может быть достигнуто с помощью ингибиторов. Ингибиторами коррозии являются такие вещества, небольшая добавка которых в коррозионную среду вызывает уменьшение скорости коррозии металла, находящегося в этой, среде. Количественная оценка действия ингибитора на скорость коррозионного процесса характеризуется коэффициентом ингибирования  $\gamma$  или защитным действием  $z$ . Коэффициентом ингибирования ( $\gamma$ ) называется отношение скорости коррозии металла в среде, не содержащей ингибитора ( $v_{кор}$ ), к скорости коррозии того же металла после введения в эту среду ингибитора коррозии ( $v_{к.и}$ ):

$$\gamma = (v_{кор}) / (v_{к.и})$$

( $v_{кор}$ ) и ( $v_{к.и}$ ) измеряются в г/(м<sup>2</sup>·ч).

Защитное действие ингибитора, выражаемое в процентах, определяется по уравнению

$$z = [ (v_{кор} - v_{к.и}) / v_{кор} ] \cdot 100\%$$

Знание величин  $\gamma$  и  $z$  особенно полезно при сравнении эффективности применения различных ингибиторов. К ингибиторам, используемым в машиностроении, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, предъявляются общие требования: высокое защитное действие ( $z > 90\%$ ); экономическая целесообразность применения; отсутствие вредного влияния на механические свойства защищаемых металлов и эксплуатационные характеристики изготовленных из них изделий; низкая токсичность, отсутствие раздражающего запаха; взрыво- и пожаробезопасность; сохранение защитных свойств не менее года. При введении ингибитора наблюдается не только снижение скорости растворения металла, но и смещение электродного потенциала, изменение химических и физических свойств поверхности, механических и других характеристик металла. Все это - результат адсорбции ингибитора на поверхности корродирующего металла. Адсорбция является первичным необходимым актом ингибирования. Адсорбция является первичным необходимым актом ингибирования. Под механизмом действия ингибиторов обычно понимают совокупность процессов адсорбции ингибиторов и последующего воздействия адсорбированного вещества на протекание электрохимических реакций.

**2. Основные ингибиторы коррозии.** Ингибиторы для растворов Механизм действия ингибиторов в жидких средах в большинстве случаев заключается в торможении катодных и анодных процессов электрохимической коррозии за счет образования защитных и пассивирующих пленок. Поэтому такие ингибиторы можно подразделить соответственно на катодные и анодные. Анодные ингибиторы часто называют пассиваторами, так как их

действие основано на пассивации анодных участков корродирующей поверхности. Чаще всего в качестве таких ингибиторов используют неорганические окислители: хроматы, нитриты, молибдаты, вольфраматы. К анодным ингибиторам относят и некоторые соединения со щелочными свойствами: фосфаты, полифосфаты, силикаты, бораты, бензоат натрия и др. Анодные ингибиторы относятся к категории опасных, так как при определенных условиях они могут из замедлителей коррозии превращаться в ее стимуляторы. Для обеспечения защитного действия таких ингибиторов их концентрация ни в коем случае не должна быть ниже определенной величины. Хроматы и бихроматы используют для защиты стали в оборотных охлаждающих водах двигателей внутреннего сгорания. Хроматы применяют также для защиты алюминия, магния и их сплавов от коррозии в нейтральных и щелочных средах. Нитриты используют как ингибиторы в антифризах. Фосфаты и полифосфаты защищают сталь от коррозии в воде и холодильных растворах. Катодные ингибиторы уменьшают скорость коррозии за счет снижения эффективности катодного процесса или уменьшения площади катодных участков. Снижение эффективности катодного процесса достигается: при коррозии с кислородной деполяризацией - уменьшением содержания кислорода в коррозионной среде, при коррозии с водородной деполяризацией - повышением перенапряжения водорода. Перенапряжение водорода может быть повышено при введении в коррозионную среду солей некоторых тяжелых металлов -  $AsCl_3$ ,  $Bi_2(SO_4)_3$ . Катионы этих металлов, восстанавливаясь на катодных участках, затрудняют выделение водорода и тормозят коррозию с водородной деполяризацией.

#### **Некоторые специальные методы защиты от коррозии.**

Обработка коррозионной среды. Состав коррозионной среды - один из основных факторов, определяющих характер и скорость коррозии металла. Поэтому уменьшение агрессивности коррозионной среды путем соответствующей ее обработки является одним из эффективных методов защиты металла от коррозии. Обработка газовой среды при химической коррозии сводится к изменению ее состава и созданию атмосферы, исключающей возможность химического взаимодействия металла и компонентов газовой среды. Такую атмосферу называют защитной. В настоящее время в промышленности используют защитные атмосферы четырех типов:

- 1) водород - водяной пар - азот;
- 2) водород - водяной пар - оксид углерода (II) - азот;
- 3) оксид углерода (II) - оксид углерода (IV) - водород - Водяной пар - азот;
- 4) азот - оксид углерода (II) - водород. Для некоторых сплавов (титановых, на никелевой основе) нагрев производят в вакууме либо в инертных газах. Иногда используют атмосферы, способствующие образованию защитных пленок. Так, нержавеющие хромоникелевые стали обрабатывают в атмосфере продуктов сгорания топлива с избытком воздуха. При этом на них образуются надежные защитные пленки.

Легированием можно добиться значительного повышения коррозионной стойкости металла. В настоящее время применяется целенаправленное легирование для торможения катодного и анодного процессов. Торможение катодного процесса может быть достигнуто добавками, повышающими его перенапряжение. Например, стойкость цинка в кислотах можно повысить введением примесей железа, меди, кадмия.

Электрохимическая защита. Под электрохимической защитой понимают перевод металла в нереакционноспособное состояние путем электродной поляризации. Различают два способа электрохимической защиты. Первый из них, обеспечивающий изменение направления тока в системе металл - электролит, называется катодной защитой. Второй способ, затрудняющий или предотвращающий отдачу металлом электронов, называется анодной защитой.

Катодная защита предотвращает коррозию путем катодной поляризации металла со сдвигом его потенциала в отрицательную сторону. Она сводится к тому, чтобы обеспечить возможность протекания на поверхности металла только катодных процессов.

Анодная защита - способ предотвращения коррозии путем анодной поляризации металла со сдвигом его потенциала в положительную сторону. Она заключается в том, чтобы обеспечить создание на поверхности металла защитной пассивирующей пленки. Величина необходимого защитного потенциала определяется природой металла, особенностями его коррозионно электрохимического поведения в условиях протекания коррозионного процесса. Потенциал защищаемой конструкции, измеренный по отношению к электролиту (для магистральных трубопроводов - потенциал труба - грунт), при котором ток коррозии практически равен нулю, называют защитным потенциалом. Минимальный защитный потенциал для стальных сооружений, уложенных в песчаных и глинистых грунтах, измеряется от -0,72 до - 1,1 В по медно-сульфатному электроду. Протекторная защита по принципу действия – это вариант катодной защиты. Отличие заключается в ином источнике катодной поляризации защищаемого металла. Протектор, соединенный накоротко с защищаемой конструкцией, создает короткозамкнутый гальванический элемент, который и является источником постоянного тока. Защищаемый металл становится катодом, а металл протектора - растворимым анодом.

**Контрольные вопросы.**

1. Механизм действия ингибиторной коррозии.
2. Основные ингибиторы коррозии.
3. Некоторые специальные методы защиты от коррозии.
4. Электрохимическая защита.

**Критерии оценки**

<b>Критерий</b>	<b>«Неудовлетворительно»</b>	<b>«Удовлетворительно»</b>	<b>«Хорошо»</b>	<b>«Отлично»</b>
1. Соответствие ответов сформулированным вопросам	Не соответствуют	Частично соответствуют	Преимущественно соответствуют	Соответствуют
2. Степень полноты и правильность решения задачи.	Решение отсутствует	В решении имеются 3 и более ошибки	В решении имеются 1-2 ошибки (логические, практические, теоретические)	Решение дано верно и полностью
3. Степень обоснованности (аргументация способа решения задачи).	обоснование отсутствует или содержит грубые ошибки	обоснование содержит ошибки	обоснование проведено с учетом части материалов задачи, профессиональных знаний и информации	обоснование проведено верно на основе представленных материалов задачи, профессиональных знаний и информации
4. Соответствие профессиональному стандарту	Не соответствует	Пропущены 1-2 ключевых профессиональных действия в процессе при	Последовательность профессиональных действий при решении задачи	представлена верная последовательность профессиональных действий в

		решении задачи	представлена частично	процессе решения задачи
--	--	----------------	-----------------------	-------------------------

### Оценочное средство 2 (Примерные темы докладов)

1. Общая характеристика электрохимического коррозионного процесса
2. Методы защиты нефтегазового оборудования от коррозии
3. Защита нефтепродуктовых трубопроводов от коррозии
4. Коррозия в сфере нефтегазового производства
5. Высокотемпературная защита для стальных трубопроводов
6. Виды коррозии по характеру разрушений
7. Факторы электрохимической коррозии металлов и сплавов
8. Жаростойкое легирование. Основные легирующие элементы
9. Влияние конструктивных факторов на развитие коррозионных разрушений аппаратов
10. Специфика коррозионных разрушений оборудования НПЗ

### Критерии оценки

Критерий	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
1. Соответствие доклада заданной теме	Не соответствует	Частично соответствует	Преимущественно соответствует	Соответствует
2. Степень полноты и правильность раскрытия темы	Раскрытие темы отсутствует	В докладе имеются 3 и более ошибки	В докладе имеются 1-2 ошибки (логические, практические, теоретические)	Доклад выполнен верно и полностью
3. Степень обоснованности (аргументация способа решения задачи).	обоснование отсутствует или содержит грубые ошибки	обоснование содержит ошибки	обоснование проведено с учетом части материалов задачи, профессиональных знаний и информации	обоснование проведено верно на основе предоставленных материалов задачи, профессиональных знаний и информации
4. Соответствие профессиональному стандарту	Не соответствует	Пропущены 1-2 ключевых профессиональных действия в процессе при решении задачи	Последовательность профессиональных действий при решении задачи	представлена верная последовательность профессиональных действий в процессе

			представлена частично	решения задачи
--	--	--	--------------------------	-------------------



**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценивание знаний, умений, навыков и опыта деятельности проводятся на основе сведений, приводимых в матрице соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения.

Цель текущего контроля успеваемости по учебным дисциплинам в семестре – проверка приобретаемых обучающимися знаний, умений, навыков в контексте формирования установленных образовательной программой компетенций в течение семестра. Текущий контроль осуществляется через систему оценки преподавателем всех видов работ обучающихся, предусмотренных рабочей программой дисциплины и учебным планом.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание результатов освоения дисциплины посредством испытания в форме экзамена (зачета). Промежуточная аттестация проводится в конце изучения дисциплины.

Разработанный фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации используется для осуществления контрольно-измерительных мероприятий и выработки обоснованных управляющих и корректирующих действий в процессе приобретения обучающимися необходимых знаний, умений и навыков, формирования соответствующих компетенций в результате освоения дисциплины.