

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт естествознания  
Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Е. В. Скрипникова  
«04» июля 2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.7 Теория коррозии металлов

Направление подготовки/специальность: 04.03.01 - Химия

Профиль/направленность/специализация: Химия твёрдого тела и химия материалов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2022

Тамбов, 2022

**Авторы программы:**

Кандидат химических наук, Алехина Ольга Владимировна

Доктор химических наук, профессор Цыганкова Людмила Евгеньевна

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 - Химия (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «17» июля 2017 г. № 671).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры химии «28» июня 2022 г. Протокол № 2

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института естествознания, Протокол от «04» июля 2022 г. № 12.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавра.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	15
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	33
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	35
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	35

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-1 Способен выполнять работы по защите внутренней поверхности металлоконструкций от коррозии

ПК-2 Способен осуществлять руководство работами по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций

### 1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- организационно-управленческий
- технологический

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 26 Химическое, химико-технологическое производство (в сфере оптимизации существующих и разработки новых технологий, методов и методик получения и анализа продукции, в сфере контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, в сфере паспортизации и сертификации продукции), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научнотехнических, опытно-конструкторских разработок и внедрения химической продукции различного назначения, в сфере метрологии сертификации и технического контроля качества продукции)

### 1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
	ПК-1 Способен выполнять работы по защите внутренней поверхности металлоконструкций от коррозии	Разрабатывает план мероприятий по защите внутренней поверхности металлоконструкций от коррозии
	ПК-2 Способен осуществлять руководство работами по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций	Применяет теоретические закономерности протекания электрохимической коррозии для реализации работ по борьбе с коррозионным разрушением металлоизделий

### 1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-1 Способен выполнять работы по защите внутренней поверхности металлоконструкций от коррозии

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения		
		Очная (семестр)		
		6	7	8
1	Ингибиторы коррозии металлов		+	+

2	Коррозия металлов с водородной деполяризацией			+
3	Технологическая практика	+		

ПК-2 Способен осуществлять руководство работами по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения		
		Очная (семестр)		
		6	7	8
1	Ингибиторы коррозии металлов		+	+
2	Технологическая практика	+		

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Теория коррозии металлов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 04.03.01 - Химия.

Дисциплина «Теория коррозии металлов» изучается в 6, 7 семестрах.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 7 з.е.

Очная: 7 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>252</b>
Контактная работа	168
Лекции (Лекции)	68
Лабораторные (Лаб. раб.)	100
Самостоятельная работа (СР)	48
Экзамен	36
Зачет	-

## 3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Лаб · раб.	СР	
		О	О	О	
6 семестр					
1	Термодинамические предпосылки коррозии. Классификация коррозионных процессов.	4	6	8	Лабораторная работа; Контрольная работа

2	Внутренние и внешние факторы коррозии	4	6	8	Лабораторная работа
3	Методы коррозионных исследований	6	4	8	Лабораторная работа; Контрольная работа; Тестирование
4	Химическая коррозия	6	4	8	Лабораторная работа; коллоквиум; Тестирование
7 семестр					
5	Электрохимическая коррозия металлов	8	Пп 16	3	Лабораторная работа; Тестирование; Практическое задание для практической подготовки
6	Коррозионные диаграммы.	8	12	2	Лабораторная работа
7	Коррозия двух металлов в контакте	8	14	3	Лабораторная работа
8	Влияние внешней поляризации на внутренний коррозионный ток.	6	12	2	Лабораторная работа; коллоквиум (тема 5-8)
9	Пассивность металлов.	10	12	3	Лабораторная работа; коллоквиум
10	Использование емкостных измерений в изучении коррозии и защиты металлов. Электрокапиллярные явления. Дисковые электроды. Фотоэлектрическая поляризация (ФЭП).	8	Пп 14	3	Лабораторная работа; Практическое задание для практической подготовки

## Тема 1. Термодинамические предпосылки коррозии. Классификация коррозионных процессов. (ПК-2)

### Лекция.

Основные понятия и терминология. Коррозия, коррозионную систему, коррозионные продукты, Коррозионная стойкость. Основные аспекты, характеризующие значимость коррозионных исследований.

Термодинамическая вероятность образования продуктов окисления на поверхности металла.

Классификация коррозионных процессов и виды коррозии: по механизму взаимодействия металлов с внешней средой; по виду коррозионной среды и условиям протекания процесса; по характеру коррозионных разрушений; по видам дополнительных воздействий, которым подвергается металл одновременно с действием коррозионной среды.

### **Лабораторные работы.**

**Цель работы** состоит в изучении влияния pH на коррозионное поведение магния. Коррозия изучается по объему выделенного водорода в коррозиметрах в растворах с pH от 1 до 12.

#### **Задание.**

1. Ознакомится с теоретическим материалом к лабораторной работе представленной в лабораторном практикуме.
2. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
3. Результаты опытов представить графически в координатах  $K, \text{см}^3/\text{м}^2 \text{ час} - t, \text{час}$  для каждой среды и  $K, \text{см}^3/\text{м}^2 \text{ час} - \text{pH}$  для времени 180 мин.
4. Сделать вывод о влиянии продолжительности испытаний на скорость коррозии и влияние pH среды.

#### **Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы.**

1. Напишите уравнения анодной и катодной реакций, протекающих при коррозии магния в разбавленной серной кислоте.
2. Рассчитайте величину Э.Д.С. процесса коррозии магния в разбавленной серной кислоте.
3. С каким контролем протекает коррозия магния в растворах pH=1, 7, 9, ?
4. Что называется перенапряжением водорода, и от каких факторов оно зависит?

#### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю (тест, контрольная работа), проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовить ответы на вопросы:
  1. Назовите основные показатели ущерба, наносимого коррозией. Какие виды потерь вы знаете?
  2. Охарактеризуйте состояние металлофонда Российской Федерации.
  3. Дайте определение термина «коррозия».
  4. Какой термодинамической функцией характеризуется вероятность перехода металлов в ионное состояние?
  5. К какому типу процесса — гомогенному или гетерогенному — относится коррозия?
  6. Приведите определение химической и электрохимической коррозии.
  6. Перечислите основные виды коррозии.
  7. Как можно классифицировать процесс коррозии по виду разрушений?

## **Тема 2. Внутренние и внешние факторы коррозии (ПК-2)**

### **Лекция.**

Внутренние факторы коррозии: термодинамический, состояние поверхности, структурная гетерогенность сплава. Внешние факторы коррозии: pH среды, уровень и природа минерализации нейтральных растворов, гидродинамические условия, температура, переменные и знакопеременные напряжения на металл.

### **Лабораторные работы.**

#### **Влияние температуры на коррозию металлов»**

**Цель работы:** Исследовать влияние температуры на скорость коррозии металлов в растворах кислот в условиях постоянства потенциала и установить характер контроля коррозионного процесса.

#### **Задание.**

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.

2. На основании экспериментальных данных построить график в координатах  $\ln K_{\text{ср}} - 1/T$  К. Найти графически значение эффективной энергии активации  $E_{\text{эфф}}$  и постоянной  $A$  и проверить правильность полученного эмпирического уравнения температурной зависимости скорости коррозии металла в растворе кислоты: рассчитать по полученной эмпирической формуле значение  $K$  для какой-либо температуры и сравнить его с опытным значением.

3. На основании величины  $E_{\text{эфф}}$  сделать вывод о характере контроля коррозионного процесса.

#### **Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы**

1. Как влияет рост температуры на коррозию металлов в неокислительных кислотах, протекающей с водородной деполяризацией?
2. Как влияет рост температуры на коррозию металлов в нейтральных средах, протекающей с кислородной деполяризацией?
2. Каким уравнением оценивается зависимость скорости коррозии от температуры?
3. По какой величине можно судить о природе стадии, определяющей скорость данного коррозионного процесса? Как ее определить?

#### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю (тестирование), проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Охарактеризуйте влияние основных факторов (рН среды, уровень и природа минерализации нейтральных растворов, гидродинамические условия, температура, переменные и знакопеременные напряжения на металл.) на скорость коррозионного процесса.

### **Тема 3. Методы коррозионных исследований (ПК-1)**

#### **Лекция.**

Основные методы исследования: 1) лабораторные, 2) полевые, 3) натурные. Показатели коррозии бывают качественные и количественные. Качественные: визуальные, макроскопические и микроскопические. Количественные измерения коррозии: 1) гравиметрический метод, 2) волюмометрический метод, 3) по измерению толщины образца и глубины коррозионных поражений, 4) по количественному анализу пробы раствора, 5) по изменению механических свойств при растяжении. Электрохимические методы исследования: измерение электродных потенциалов, снятие поляризационных кривых, сопоставление величины стационарного потенциала с анодной поляризационной кривой, потенциостатические, потенциодинамические методы снятия поляризационных кривых, импульсные методы поляризации, радиохимический метод с использованием гамма-спектрометрии.

#### **Лабораторные работы.**

##### **«Фосфатирование»**

**Цель:** Изучить способ получения на поверхности стальных изделий в целях защиты от коррозии фосфатной пленки.

##### **Задание.**

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Сделать вывод о качестве защитного слоя полученного в разных условиях (состав растворов, режим фосфатирования).

##### **Контрольные вопросы.**

1. Охарактеризуйте процесс подготовки поверхности перед нанесением покрытия.
2. Для каких металлов применяют фосфатирование и в каких условиях эксплуатации?
3. В чем состоит суть образования фосфатных пленок?
4. Опишите плюсы и минусы фосфатных пленок.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю (тестирование, контрольная работа), проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Ответьте на вопросы:



1. В чем особенности исследования коррозионных процессов лабораторными, полевыми и натурными методами. Каковы преимущества и недостатки этих методов?
2. Охарактеризуйте основные качественные показатели коррозионного процесса.
3. Количественные показатели коррозии. Единицы измерения. Пересчет размерностей.
4. Обработка коррозионных испытаний.
5. Охарактеризуйте электрохимические методы исследования, методы снятия ПК, их особенности, преимущества и недостатки.

#### **Тема 4. Химическая коррозия (ПК-2)**

##### **Лекция.**

Общая характеристика газовой коррозии металлов. Пленки на металлах, их классификация, условия сплошности. Законы роста пленок: линейный, параболический, логарифмический. Методы определения толщины пленок: весовые, емкостные, оптические, электронная микроскопия, электронография, электрохимический способ. Факторы, влияющие на газовую коррозию вообще и углеродистой стали, в частности: температура, состав газовой фазы, концентрация углерода. Удаление окислов. Обезуглероживание стали и чугуна. Водородная хрупкость стали. Методы защиты от газовой коррозии: жаростойкое легирование, защитные покрытия, защитные атмосферы. Коррозия в неэлектролитах.

##### **Лабораторные работы.**

##### **Оксидирование» (3 варианта)**

##### **Опыт 1. Химическое оксидирование стали**

**Цель работы:** изучить процесс оксидирования стали химическим путем.

**Задание.**

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Сделать вывод о защитных свойствах оксидированных стальных пластин.

##### **Опыт 2. Химическое оксидирование алюминия.**

**Цель работы:** изучить процесс химического оксидирования алюминия.

**Задание.**

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Сделать выводы о качестве оксидной пленки.

##### **Опыт 3. Анодирование алюминия.**

**Цель работы:** изучить технологию процесса анодирования алюминия.

**Задание.**

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Построить график зависимости времени до позеленения индикаторного раствора от длительности анодирования пластинки.
3. Сделать выводы о зависимости качества покрытия от длительности анодирования.

##### **Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы**

1. Как проводится термическое оксидирование стали?
2. В чем сущность химического оксидирования стали?
3. Как проводится анодирование алюминия?
4. Какой раствор используется для химического оксидирования алюминия?
5. Как увеличить коррозионную стойкость оксидированных изделий?
6. Как проводится оксидирование магниевых сплавов

##### **Задания для самостоятельной работы.**

Подготовка к текущему контролю(тестирование),контрольному срезу- коллоквиум, проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

2) Подготовка курсовых работ.

3) Ответьте на вопросы:

1. Перечислите основные стадии газовой коррозии металлов.

2. Охарактеризуйте свойства поверхностных пленок на металле.
3. Какие показатели определяют защитные свойства пленок?
4. Какие кинетические законы роста пленок вам известны?
5. Охарактеризуйте состав и свойства оксидных пленок на железе.
6. Как описывается процесс диффузии ионов в поверхностной пленке?
7. Разберите влияние внутренних и внешних факторов (состава сплава, температуры, давления и состава газовой среды) на закономерности газовой коррозии.

## **Тема 5. Электрохимическая коррозия металлов (ПК-2)**

### **Лекция.**

Основы электрохимической теории коррозии: гетерогенно-электрохимический и гомогенно-электрохимический механизмы коррозии. Сопряженность стадий коррозии. Зависимость скорости от потенциала. Поляризация, поляризационные кривые. Деполяризация и деполяризаторы. Измерение поляризации. Омическое падение напряжения. Концентрационная и активационная поляризация. Перенапряжение водорода. Коррозия с водородной и кислородной деполяризацией. Катодная реакция ионизации кислорода. Катодные поляризационные кривые при кислородной деполяризации. Влияние водородной деполяризации на кислородную.

### **Лабораторные работы.**

Анодная и катодная поляризационные кривые на металле»

Опыт. 1. Цель работы: измерение поляризационных кривых на металле и определение по ним характеристик металла.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Полученные данные изображают графически в координатах  $j - i$  или  $j - \lg i$ . Анализируют полученные поляризационные кривые, находя следующие характеристики металла:

- а) потенциал пассивации;
- б) критический ток пассивации;
- в) сила тока в пассивной области поляризационной кривой;
- г) потенциал начала выделения кислорода на анодной кривой;
- д) величину катодной поляризации.

Опыт 2. Метод ускоренного определения скорости коррозии (саморастворения) металла, на основе поляризационных кривых.

Цель работы: Определение скорости саморастворения металла по поляризационным кривым и установление механизма коррозии (химический, электрохимический).

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. На основе данных поляризационных измерений строят график зависимости  $\lg i - j$ . Определить коррозионный ток и угол наклона поляризационных кривых выделения водорода и растворения металла, т.е. тафелевские коэффициенты наклона  $b_k$  и  $b_a$ .
3. Сопоставить токи саморастворения, получаемые в одинаковых растворах гравиметрическим методом и методом поляризационных кривых. Если коррозия металла протекает по электрохимическому механизму, то обе эти величины в пределах ошибки эксперимента совпадают. Если наблюдается расхождение полученных значений, продумать, чем это можно объяснить, и предложить эксперимент для проверки объяснения.
4. Сопоставить полученные значения  $b_k$  и  $b_a$  с имеющимися литературными данными для исследуемого металла.

### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю, тестированию. Проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовка курсовых работ
- 3) Подготовить ответы на вопросы:

1. Приведите известные вам примеры из технологической практики, которые сопровождаются электрохимической коррозией аппаратуры.
2. Как образуется двойной электрический слой? Опишите его строение.
3. На основании каких термодинамических величин можно сделать заключение о возможности протекания коррозии?
5. Что называется концентрационной поляризацией? Приведите основные уравнения.
6. Приведите основное уравнение кинетики электрохимической реакции с замедленной стадией разряда-ионизации.
7. Приведите уравнение Тафеля. В каких координатах реализуется прямолинейная зависимость между плотностью тока и потенциалом.
8. Охарактеризуйте коррозионный процесс с водородной деполяризацией.
9. Охарактеризуйте коррозионный процесс с кислородной деполяризацией.
10. Изобразите поляризационную кривую растворения металла. Какие участки выделяют на ней?
11. Каковы закономерности ионизации металла в активном состоянии?
12. Охарактеризуйте влияние компонентов раствора на растворение металлов в активном состоянии.

## **Тема 6. Коррозионные диаграммы. (ПК-1)**

### **Лекция.**

Коррозионные диаграммы Эванса и Вагнера-Трауда. Контролирующий фактор. Диаграммы с катодным, анодным, омическим и смешанным контролем. Равновесные потенциалы металла и окислителя, влияние pH, гидродинамических условий. Коррозия под действием двух и более окислителей, влияние pH раствора, концентрации окислителя-деполяризатора..

### **Лабораторные работы.**

Определение лимитирующей стадии электрохимической коррозии по значениям электродных потенциалов металлов в коррозионной среде»

Цель работы: Определить природу измеренных значений потенциалов в растворах электролитов и по измеренным значениям потенциалов определить лимитирующую стадию коррозии.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. По результатам измерений электродных потенциалов металла в растворе собственных ионов и по рассчитанным значениям ( $j_{Me}$ )<sub>обр</sub> построить на одном графике зависимость  $j_{Me} = f(\ln a(Men^+))$  для рассчитанных и измеренных значений потенциалов, откладывая по оси абсцисс значения  $\ln a(Men^+)$ , а по оси ординат  $j_{Me}$ , и сравнить полученные кривые. На график следует наносить стационарные (установившиеся) значения измеренных электродных потенциалов.
3. Сопоставляя измеренную и рассчитанную зависимость потенциала от активности собственных ионов, определить природу измеренных потенциалов (обратимые, необратимые).
4. Используя измеренные значения стационарных потенциалов железа в растворах FeSO<sub>4</sub> и в растворе NaCl и рассчитанные значения обратимых потенциалов катодного и анодного процессов, определить контролирующий фактор коррозии железа в FeSO<sub>4</sub> и NaCl.
5. Сделать выводы о природе измеренных потенциалов (обратимые или необратимые), указать контролирующий фактор коррозии.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Какие системы в электрохимии называют равновесными?
2. В каких условиях возникают неравновесные (необратимые) потенциалы?
3. Как определить значение стандартного окислительно-восстановительного потенциала системы по графику зависимости ?
4. На основании каких данных можно сделать вывод о природе измеренных потенциалов?
5. Какие металлы в широком диапазоне концентраций собственных ионов имеют обратимые значения потенциалов?
6. Какой фактор называют контролирующим (лимитирующим)? Как его определить?

### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю, контрольному срезу – коллоквиуму, проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовка курсовых работ.
- 3) Ответьте на вопросы:
  1. Что называется коррозионной диаграммой? Как она строится?
  2. Какие виды контроля коррозионного процесса вам известны?
  3. Изобразите коррозионные диаграммы Эванса и Вагнера-Трауда с катодным, анодным, омическим и смешанным контролем.
  4. Изобразите и охарактеризуйте коррозионную диаграмму для случая коррозии под дейс 5.
  5. Изобразите и охарактеризуйте коррозионную диаграмму влияния концентрации кислорода и равновесных потенциалов двух металлов, не находящихся в контакте, на скорость коррозии.
  6. Изобразите и охарактеризуйте коррозионную диаграмму в условиях коррозии металла под действием четырех окислителей.

## **Тема 7. Коррозия двух металлов в контакте (ПК-2)**

### **Лекция.**

Протекторная защита. Влияние соотношения площадей протектора и защищаемого металла. Влияние гидродинамических условий на протекторную защиту в нейтральных средах. Разностный (дифференциальный) эффект. Отрицательный дифференциальный эффект. Влияние электропроводности раствора на коррозию в контакте. Радиус действия протектора. Зависимость от электропроводности раствора. Роль глубины погружения. Аналитическое выражение скорости коррозии. Уравнения Штерна и Штерна-Гири.

### **Лабораторные работы.**

Протекторная защита»

Опыт 1. Определение количественных показателей работы протекторов.

Изучение эффективности протекторной защиты производится на простой установке, моделирующей гальванический элемент, составленный протектором (цинк, магний, сплав алюминия с магнием и т.п.) и защищаемым металлом.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Рассчитать по опытным данным среднюю величину силы защитного тока в цепи металл протектор за время опыта, катодную плотность тока, потери в массе образцов на единицу их поверхности и скорость коррозии.
3. Определить основные технологические показатели эффективности протекторной защиты, защитный эффект, коэффициент защитного действия и КПД протектора.
4. Сделайте вывод о эффективности испытанных протекторов .

Опыт 2. Определение радиуса действия протектора.

Вариант 1. В соответствии с определением радиуса действия протектора, как расстояния от него до ближайшего очага коррозии на поверхности защищаемого металла, радиус может быть определен по методу С.А. Балезина.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Построить график, выражающий зависимость радиуса действия протектора от удельной электропроводности раствора.
3. Сделайте выводы из полученных результатов.

Вариант 2. Определение радиуса действия протектора по данным измерения потенциала защищаемого металла.

Радиус действия протектора можно определить как расстояние от места присоединения протектора к защищаемой поверхности до места, где достигается значение обратимого электродного потенциала анодной составляющей сплава, из которого изготовлена конструкция

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Построить график в координатах  $j - I$ .
3. Графическим методом определить радиус действия протекторов в каждом растворе.
4. Сделать вывод о влиянии электропроводности на радиус действия протектора.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю, контрольному срезу – коллоквиуму, проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовка курсовых работ.
- 3) Подготовить ответы на вопросы.
  1. Изобразите и охарактеризуйте коррозионную диаграмму двух металлов в контакте под действием одного окислителя.
  2. Изобразите и охарактеризуйте коррозионную диаграмму двух металлов в контакте под действием растворенного кислорода, в условиях различной его концентрации.
  3. Что является причиной положительного и отрицательного дифференциального эффекта?
  4. Охарактеризуйте влияние электропроводности раствора на коррозию в контакте.

### **Тема 8. Влияние внешней поляризации на внутренний коррозионный ток. (ПК-1)**

#### **Лекция.**

Защитный эффект. Вывод уравнений зависимости разностного и защитного эффектов от внешнего тока. Сопоставление явлений положительных разностного и защитного эффектов. Отрицательный защитный эффект. Причины его возникновения.

#### **Лабораторные работы.**

Катодная защита внешним источником тока

Цель работы: изучить процессы осуществления катодной защиты внешним источником тока, рассчитать коэффициент защитного действия и защитный эффект.

Определяют скорости коррозии стали при потенциале саморастворения и под катодным током.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Построить график зависимости плотность – потенциал.
3. Определить защитную плотность тока графическим методом при потенциале  $E_{k,i} = E_{ст} - 0,1$ , где  $E_{k,i}$  – потенциал электрода при защитной плотности тока, В;  $E_{ст}$  – стационарный потенциал электрода, В.
4. Рассчитать величину защитного эффекта  $Z_{Э}$  и коэффициент защитного действия  $h$ , используя полученные значения скорости коррозии стали в рабочем растворе в коррозионных опытах.
5. Сделать вывод об эффективности катодной защиты.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю, контрольному срезу – коллоквиуму, проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовка курсовых работ.
- 3) Ответьте на вопросы:
  1. Что называют защитным эффектом?
  2. Сопоставьте явления положительного разностного и защитного эффектов.
  3. Изобразите и охарактеризуйте коррозионную диаграмму для графического расчета коэффициента защитного эффекта.
  6. В чем причина возникновения отрицательного защитного эффекта.

### **Тема 9. Пассивность металлов. (ПК-1)**

#### **Лекция.**

Определения пассивности. Характеристики пассивации и Фладе-потенциал. Влияние природы металла и среды на характер пассивации. Возникновение пассивности металлов под действием окислителей. Влияние контакта двух металлов в одном и том же окислителе на депассивацию одного из них. Пассивация железа в растворе азотной кислоты.

Теории пассивности: пленочная (фазовая) и адсорбционная. Доказательства пленочной теории пассивности. Моделирование оксидной пленки на металлах. Потенциалы металлов при постоянной шлифовке под слоем раствора. Адсорбционная теория пассивности. Доказательства участия воды в процессе пассивации. Влияние углекислого газа на склонность к пассивации. Солевая пассивность. Перепассивация, или транспассивное состояние. Влияние галоидных ионов на пассивное состояние металлов. Депассивация и питтингообразование. Критический потенциал питтингообразования. Подавление образования питтингов некоторыми анионами. Определение скорости растворения металла в питтингах и скорости роста питтингов.

Микроскопическое определение размеров питтингов. Моделирование питтингов. Типы питтингов. Теории механизма роста питтингов. Использование пассивности для защиты от коррозии. Анодная защита. Условия применения анодной защиты.

### **Лабораторные работы.**

Анодная защита внешним источником тока»

Цель работы: изучить возможность осуществления анодной защиты, освоить методику потенциодинамического исследования поляризации электрода, определить потенциал и ток перехода металла в пассивное состояние, а также область потенциалов, соответствующую пассивному состоянию металла.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. Используя полученную потенциодинамическую кривую определить максимальный ток и потенциал перехода в пассивное состояние, плотность тока в пассивном состоянии и область потенциалов, отвечающую пассивному состоянию металла.
3. Пересчитать плотность тока в пассивном состоянии на массовый показатель коррозии ( $\text{г/м}^2 \text{ час}$ ).
4. Рассчитать коэффициент уменьшения скорости коррозии стали за счет анодной защиты по формуле:  $g = K_0 / K_{\text{пас}}$ .
5. Сделать вывод об эффективности анодной защиты.

### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю, контрольному срезу – коллоквиуму, проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовка курсовых работ
- 3) Подготовить ответы на вопросы:
  1. Поведение металлов в пассивной области.
  2. Причины возникновения пассивности.
  3. Способы перевода металла в пассивное состояние.
  4. Солевая пассивность.
  5. Перепассивация или транспассивное состояние.

## **Тема 10. Использование емкостных измерений в изучении коррозии и защиты металлов.**

### **Электрокапиллярные явления. Дисковые электроды. Фотоэлектрическая поляризация (ФЭП). (ПК-2)**

#### **Лекция.**

Емкостные измерения. Их использование для изучения адсорбции ПАВ. Дифференциальная и интегральная емкость двойного слоя. Использование для определения потенциала нулевого заряда.

Электрокапиллярные явления. Уравнение Липпмана. Потенциалы нулевого заряда. Специфическая и электростатическая адсорбция. Особенности метода измерения емкости двойного слоя на твердых электродах.

Импедансная спектроскопия. Другие методы определения емкости двойного слоя: метод спада потенциала, по изменению концентрации адсорбата в растворе, по привесу электрода.

Вращающийся дисковый электрод и дисковый электрод с кольцом. Преимущества вращающегося дискового электрода. Его использование для установления природы лимитирующей стадии реакции, определения порядка реакции и предельной скорости, коэффициентов диффузии ионов и молекул, определения концентрации.

Использование метода фотоэлектрической поляризации в коррозионных исследованиях. Теоретические основы метода. Основное уравнение. зависимость знака ЭДС ФЭП от характера нестехиометричности оксида. Установление типа проводимости поверхностных оксидов.

### **Лабораторные работы.**

Вращающийся дисковый электрод»

Цель работы: Снять катодные поляризационные кривые на вращающемся дисковом электроде при различных скоростях электролита и разных скоростях вращения. Установить зависимость предельного диффузионного тока от скорости вращения дискового электрода, а также от концентраций восстанавливающихся на электроде ионов металлов и рассчитать их коэффициент диффузии.

Опыт 1. Исследование зависимости предельного тока от числа оборотов дискового электрода.

Опыт 2. Исследование зависимости предельного тока от концентрации восстанавливающихся ионов металла.

Опыт 3. Влияние природы восстанавливающихся комплексов меди на величину предельного тока.

Задание.

1. Выполнить лабораторную работу согласно алгоритму методики эксперимента.
2. По полученным данным построить катодные поляризационные кривые в координатах  $j - \lg i$ .
3. Из этих кривых для всех растворов определить предельный диффузионный ток.
4. Рассчитать коэффициент диффузии для каждого случая.
5. Рассчитать для каждого случая толщину диффузионного слоя.
6. На основе полученных результатов сделать выводы.

### **Задания для самостоятельной работы.**

- 1) Подготовка к текущему контролю, проработать теоретический материал: конспекты лекций, рекомендуемую литературу.
- 2) Подготовка курсовых работ.
- 3) Ответьте на вопросы:
  1. Особенности метода измерения емкости двойного слоя на твердых металлах. Импедансные мосты.
  2. Конструкция дискового электрода и использование его для определения лимитирующей стадии электрохимического процесса.
  3. Использование дискового электрода в коррозионных процессах
  4. Конструкция дискового электрода с кольцом. Коэффициент эффективности. Определение механизма растворения металлов в пассивном состоянии.
  5. Определение механизма растворения сплавов с помощью диска с кольцом.
  6. Определение механизма коррозионного процесса с помощью диска с кольцом.
  7. Метод фотоэлектрической поляризации, его сущность и практическое осуществление.
  8. Использование метода фотоэлектрической поляризации для определения типа проводимости поверхностных оксидов и влияния ингибиторов коррозии.

## **4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства**

### **4.1. Распределение баллов:**

6 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 70 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 10 баллов

## Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Термодинамические предпосылки коррозии. Классификация коррозионных процессов.	Лабораторная работа	10	3 балл выполнение, 2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 4 баллов защита (ответы на вопросы).
		Контрольная работа	10	9-11-Студент правильно выполнил 90-100% заданий; Студент правильно выполнил – 7-8 - 70-80% заданий. Студент правильно выполнил – 5-6 - 50-60% заданий. 1-5 Студент правильно выполнил менее 50% заданий.
2.	Внутренние и внешние факторы коррозии	Лабораторная работа	10	3 балл выполнение, 2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 4 баллов защита (ответы на вопросы).
3.	Методы коррозионных исследований	Лабораторная работа	10	3 балл выполнение, 2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 4 баллов защита (ответы на вопросы).
		Контрольная работа	10	9-10-Студент правильно выполнил 90-100% заданий; Студент правильно выполнил – 7-8 - 70-80% заданий. Студент правильно выполнил – 5-6 - 50-60% заданий. 1-5 Студент правильно выполнил менее 50% заданий.
		Тестирование(контрольный срез)	10	Тест содержит 10 вопросов, за каждый правильный ответ -1 балл
4.	Химическая коррозия	Лабораторная работа	10	3 балл выполнение, 2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 4 баллов защита (ответы на вопросы).



		коллоквиум(контрольный срез)	10	<p>Коллоквиум сдается в устной форме по предварительно обозначенным теоретическим вопросам и максимально оценивается в 10 баллов:</p> <p>9-10 баллов выставляется, если студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, освоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано, уместно используется информационный и иллюстративный материал (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.). На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу.</p> <p>8-7 баллов выставляется, если студент обнаружил достаточно глубокие знания программного материала, умение использовать ранее полученные знания с вновь приобретенными, применять их на практике. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений</p> <p>5-6 баллов: студент показывает не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при ответе на вопросы. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания</p> <p>0-4 баллов: студент показывает слабый уровень профессиональных знаний, затрудняется при анализе практических ситуаций. Не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом</p>
		Тестирование	10	Тест содержит 10 вопросов, за каждый правильный ответ -1 балл
5.	Посещаемость		10	<p>10 баллов – студент посетил все 100% занятий</p> <p>7-9 баллов – студент посетил не менее 80% занятий</p> <p>4-6 баллов – студент посетил не менее 50% занятий</p> <p>1-3 балла – студент посетил не менее 25% занятий</p> <p>Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются</p>
6.	Премияльные баллы		10	Начисляются за постоянную активность на практических занятиях
7.	Итого за семестр		100	

#### 7 семестр

- текущий контроль – 50 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премияльные баллы – 10 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Электрохимическая коррозия металлов	Лабораторная работа	5	2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 2 баллов защита (ответы на вопросы).
		Тестирование	10	Тест содержит 10 вопросов, за каждый правильный ответ -1 балл
		Практическое задание для практической подготовки	5	5 баллов - студент самостоятельно может провести электрохимические испытания по оценке защитной эффективности ингибиторов, правильно дает оценку их применимости. 2-4 балла. Студент испытывает затруднения в экспериментальной части, 0-1 балл. Студент испытывает затруднения с выбором методики проведения эксперимента. Делает неверные выводы применения ингибиторов в тех или иных средах.
2.	Коррозионные диаграммы.	Лабораторная работа	5	2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 2 баллов защита (ответы на вопросы).
3.	Коррозия двух металлов в контакте	Лабораторная работа	5	2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 2 баллов защита (ответы на вопросы).
4.	Влияние внешней поляризации на	Лабораторная работа	5	2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 2 баллов защита (ответы на вопросы).

	внутренний коррозионный ток.	<b>коллоквиум (тема 5-8)(контрольный срез)</b>	10	<p>Коллоквиум сдается в устной форме по предварительно обозначенным теоретическим вопросам и максимально оценивается в 10 баллов: 9-10 баллов выставляется, если студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, освоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано, уместно используется информационный и иллюстративный материал (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.). На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу.</p> <p>8-7 баллов выставляется, если студент обнаружил достаточно глубокие знания программного материала, умение использовать ранее полученные знания с вновь приобретенными, применять их на практике. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений</p> <p>5-6 баллов: студент показывает не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при ответе на вопросы. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания</p> <p>0-4 баллов: студент показывает слабый уровень профессиональных знаний, затрудняется при анализе практических ситуаций. Не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом</p>
5.	Пассивность металлов.	Лабораторная работа	5	2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 2 баллов защита (ответы на вопросы).

		<b>коллоквиум(контрольный срез)</b>	10	<p>Коллоквиум сдается в устной форме по предварительно обозначенным теоретическим вопросам и максимально оценивается в 10 баллов: 9-10 баллов выставляется, если студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, освоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано, уместно используется информационный и иллюстративный материал (примеры из практики, таблицы, графики и т.д.). На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу.</p> <p>8-7 баллов выставляется, если студент обнаружил достаточно глубокие знания программного материала, умение использовать ранее полученные знания с вновь приобретенными, применять их на практике. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений</p> <p>5-6 баллов: студент показывает не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при ответе на вопросы. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания</p> <p>0-4 баллов: студент показывает слабый уровень профессиональных знаний, затрудняется при анализе практических ситуаций. Не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом</p>
6.	Использование емкостных измерений в изучении коррозии и защиты металлов.	Лабораторная работа	5	2 балла содержание (правильность выводов, расчетов), 1 балл-оформление, 2 баллов защита (ответы на вопросы).

	Электрокапиллярные явления. Дисковые электроды. Фотоэлектрическая поляризация (ФЭП).	Практическое задание для практической подготовки	5	5 баллов - студент самостоятельно может провести электрохимические испытания по оценке защитной эффективности ингибиторов, правильно дает оценку их применимости. 2-4 балла. Студент испытывает затруднения в экспериментальной части, 0-1 балл. Студент испытывает затруднения с выбором методики проведения эксперимента. Делает неверные выводы применения ингибиторов в тех или иных средах.
7.	Премияльные баллы		10	Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены за постоянную активность на практических занятиях – 10 баллов
8.	Ответ на экзамене		30	85-100 баллов Отлично 70-84 баллов Хорошо 50-69 Удовлетворительно Менее 50 Неудовлетворительно
9.	Итого за семестр		100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

## 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### КОЛЛОКВИУМ

#### Тема 4. Химическая коррозия

1. Химическая коррозия в газах при высокой температуре – термодинамика процесса.
2. Пленки на металлах, их классификация и защитные свойства.
3. Условия сплошности пленок.
4. Законы роста пленок.
5. Методы определения толщин пленок.
6. Влияние температуры и других факторов на скорость газовой коррозии.
7. Методы защиты от газовой коррозии.
8. Коррозия в неэлектролитах.

#### Тема 9. Пассивность металлов.

1. Определения пассивности.
2. Характеристики пассивности и Фладе-потенциал.
3. Влияние природы металла и среды на характер пассивации.
4. Пассивация железа в азотной кислоте.
5. Пассивность железа как следствие образования фазового оксида. Общие представления. Примеры.

6. Адсорбция как фактор, определяющий пассивность. Общие представления. Примеры.
7. Солевая пассивность.
8. Перепассивация или транспассивное состояние.
9. Использование пассивности для защиты от коррозии. Анодная защита. Условия применения анодной защиты.
10. Депассивация и питтингообразование.

### коллоквиум (тема 5-8)

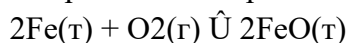
#### Тема 8. Влияние внешней поляризации на внутренний коррозионный ток.

1. Электрохимическая коррозия, электродные потенциалы. Гетерогенно-электрохимический, гомогенно-электрохимический механизм коррозии.
2. Особенности электрохимического коррозионного процесса. Деполяризаторы.
3. Поляризация. Причины поляризации. Поляризационные кривые, методы снятия.
4. Концентрационная поляризация. Омическое падение напряжения.
5. Активационная поляризация. Перенапряжение водорода.
6. Особенности коррозии с водородной деполяризацией: термодинамика, основные стадии и причины.
7. Особенности коррозии с кислородной деполяризацией: термодинамика, основные стадии и причины. Полная катодная поляризационная кривая. Влияние водородной деполяризации на кислородную.
9. Коррозионные (поляризационные диаграммы) Вагнера-Трауда, Эванса. Контролирующий фактор коррозии.
10. Коррозия под действием двух и более окислителей.
11. Коррозия двух металлов в контакте при действии одного окислителя. Коррозия двух металлов в контакте при действии двух окислителей.
12. Аналитическое выражение скорости коррозии.
13. Протекторная защита. Разностный (дифференц-) эффект. Защитный эффект. Сопоставление явлений положительного разностного и защитного эффектов.
14. Влияние внешней поляризации на внутренний коррозионный ток.
15. Отрицательный защитный эффект.

### Контрольная работа

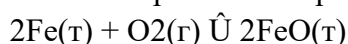
Тема 1. Термодинамические предпосылки коррозии. Классификация коррозионных процессов.  
Вариант 1

1. При 100 К для реакции



$K_p = 4,136 \times 10^{20} \text{ Па}^{-1}$ . Определить направление процесса, если  $p_{\text{O}_2} = 2,026 \times 10^4 \text{ Па}$ .

2. Возможно ли окисление железа на воздухе ( $p_{\text{O}_2} = 20265 \text{ Па}$ ) при температуре 1000 К, если константа равновесия реакции



при этой температуре  $K_p = 2,42 \times 10^{15} \text{ Па}^{-1}$ .

3. При 450°C давление диссоциации NiO по уравнению



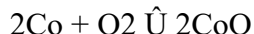
равно  $K_p = \frac{p_{\text{O}_2}}{p^2} = 6,906 \times 10^{-26}$  гПа. Пойдет ли разложение NiO на воздухе при парциальном давлении кислорода  $0,203 \times 10^5$  Па? Чему будет равно DG для обратного процесса в тех же условиях?

4. Установить термодинамическую возможность коррозии никеля с водородной деполяризацией в 5-моляльном растворе NaOH при  $T = 298$  К, в предположении образования труднорастворимого соединения  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , произведение растворимости которого  $\text{PP} = 1,3 \cdot 10^{-16}$ . Катодный процесс щелочной среде протекает по реакции  $2\text{H}_2\text{O} + 2e \leftrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ .

5. Установить термодинамическую возможность коррозии хрома с кислородной и водородной деполяризацией в морской воде ( $\text{pH} = 7$ ) при 298 К, если давление кислорода и водорода составляет по 0,5 атм. Обратимый потенциал хрома принять равным стандартному обратимому потенциалу хрома.

Вариант 2

1. Возможно ли окисление кобальта кислородом воздуха ( $= 1/5$  атм)



при 450 °С, если упругость диссоциации оксида кобальта (II) при данной температуре равна  $5,77 \times 10^{-24}$  Па.

2. Определить возможна ли коррозия серебра при 831 К с образованием его сульфида в газовой смеси ( $P = 1,013 \times 10^5$  Па), состоящей из равных объемов  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Константа равновесия реакции:  $2\text{Ag} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S} + \text{H}_2$  равна 3,47. При каком давлении сероводорода процесс коррозии при заданной температуре невозможен?

3. Установить термодинамическую возможность коррозии цинка с кислородной деполяризацией в нейтральном 0,7-моляльном водном растворе  $\text{ZnCl}_2$  при давлении кислорода над раствором 0,1 атм и  $T = 25$  °С. Средний коэффициент активности  $\text{ZnCl}_2$   $\gamma_{\pm} = 0,369$ .

4. В результате контакта с магнием потенциал кадмия в речной воде ( $\text{pH} = 7$ ) сместился в отрицательную сторону и принял значение -0,85 В. Будет ли наблюдаться коррозия кадмия?

5. Рассчитать ЭДС гальванических элементов: 1) цинк в соляной кислоте; 2) железо в аэрируемом нейтральном растворе. Исходя из этого, найти изменение энергии Гиббса для реакций  $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ;  $\text{Fe} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2$ . Рассчитать значения  $\Delta G$  и сравнить со значениями, полученными обычным термодинамическим расчетом, используя данные табл..

### Тема 3. Методы коррозионных исследований

Контрольная работа

1. Основной причиной высокотемпературной «ванадиевой» коррозии является загрязненность топлива соединениями ванадия, образующими при сжигании золу, содержащую легкоплавкий оксид  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Определить глубинный показатель коррозии аустенитной стали типа X18H10 при испытании на воздухе и в атмосфере топливных газов при  $T = 1123$  К в течение 120 ч, если убыль массы образцов стали с площадью поверхности 40 см<sup>2</sup> составляет соответственно 0,335 и 3,5 г. Плотность стали X18H10 равна 7,8 г/см<sup>3</sup>

2. Оценить коррозионную стойкость цинка на воздухе при  $T = 673$  К. Образец цинка с площадью поверхности 30 см<sup>2</sup> и начальной массой 21,4261 г, после 180 ч испытаний на воздухе имеет массу 21,4279 г. При окислении цинка образуется оксид  $\text{ZnO}$ .

3. Рассчитать показатель изменения массы при коррозии алюминия в олеуме. Размеры образца 50 x 30 x 1 мм, начальная масса 4,053 г, после восьмисуточного испытания - 4,0189 г. К какой группе коррозионной стойкости относится алюминий в этой среде?

4. Рассчитать скорость (мм/год) растворения железа, находящегося в пассивном состоянии в 1 н. растворе серной кислоты, если стационарная плотность тока растворения железа в виде ионов  $\text{Fe}^{2+}$  составляет  $7 \cdot 10^{-7}$  А/м<sup>2</sup>.

5. Конструкции из нержавеющей стали X18H9T при работе в растворах, содержащих хлорид-ионы, подвергаются питтинговой коррозии. Оценить среднюю плотность тока в вершине питтинга, если глубина питтинга за год эксплуатации достигает 6,0 - 6,5 см. При расчете принять, что в результате коррозии в раствор переходит в основном железо в виде ионов  $Fe^{2+}$ .

### Лабораторная работа

#### Тема 1. Термодинамические предпосылки коррозии. Классификация коррозионных процессов.

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

1. Напишите уравнения анодной и катодной реакций, протекающих при коррозии магния в разбавленной серной кислоте.
2. Рассчитайте величину Э.Д.С. процесса коррозии магния в разбавленной серной кислоте.
3. С каким контролем протекает коррозия магния в растворах  $pH=1, 7, 9$ ?
4. Что называется перенапряжением водорода, и от каких факторов оно зависит?
5. Изобразите вид зависимости скорости коррозии от  $pH$  для алюминия.
6. Изобразите и объясните характер зависимости скорости коррозии от  $pH$  для цинка.
7. Запишите уравнение процесса кислородной деполяризации и уравнение Нернста кислородного электрода.
8. Запишите уравнение Нернста для водородного электрода.
9. Запишите условие, при котором окислитель выступает в качестве деполяризатора катодной реакции при коррозии.

#### Тема 2. Внутренние и внешние факторы коррозии

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Как влияет рост температуры на коррозию металлов в неокислительных кислотах, протекающей с водородной деполяризацией?
2. Как влияет рост температуры на коррозию металлов в нейтральных средах, протекающей с кислородной деполяризацией?
3. Каким уравнением оценивается зависимость скорости коррозии от температуры?
4. По какой величине можно судить о природе стадии, определяющей скорость данного коррозионного процесса? Как ее определить?

#### Тема 3. Методы коррозионных исследований

##### Лабораторная работа «Фосфатирование»

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Охарактеризуйте процесс подготовки поверхности перед нанесением покрытия.
2. Для каких металлов применяют фосфатирование и в каких условиях эксплуатации?
3. В чем состоит суть образования фосфатных пленок? Напишите уравнения химических реакций, протекающих при фосфатировании, стали.
4. Опишите плюсы и минусы фосфатных пленок.

#### Тема 4. Химическая коррозия

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы



1. Как проводится термическое оксидирование стали?
2. В чем сущность химического оксидирования стали?
3. Как проводится анодирование алюминия?
4. Какой раствор используется для химического оксидирования алюминия?
5. Как увеличить коррозионную стойкость оксидированных изделий?
6. Как проводится оксидирование магниевых сплавов?

#### Тема 5. Электрохимическая коррозия металлов

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что называется электрохимической коррозией?
2. Что является первопричиной электрохимической коррозии?
3. Какая реакция протекает на катоде в кислой среде?
4. Какая реакция протекает на катоде в щелочной и нейтральной средах?
5. Какая реакция протекает на аноде?
6. Какие существуют виды деполяризации?
7. Каким образом подготавливают образцы к выполнению лабораторной работы?
8. Что представляет собой поляризационная кривая? Как с ее помощью определить скорость коррозии?

#### Тема 6. Коррозионные диаграммы.

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Какие системы в электрохимии называют равновесными?
2. В каких условиях возникают неравновесные (необратимые) потенциалы?
3. Как определить значение стандартного окислительно-восстановительного потенциала системы по графику зависимости?
4. На основании каких данных можно сделать вывод о природе измеренных потенциалов?
5. Какие металлы в широком диапазоне концентраций собственных ионов имеют обратимые значения потенциалов?
6. Какой фактор называют контролирующим (лимитирующим)? Как его определить?

#### Тема 7. Коррозия двух металлов в контакте

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. В чем сущность протекторной защиты?
2. Когда целесообразно применять протекторную защиту?
3. Какими показателями характеризуется эффективность протекторной защиты?
4. Что такое радиус действия протектора?
5. От чего зависит величина радиуса действия протектора?
6. Почему в кислых средах протекторная защита используется ограниченно?

#### Тема 8. Влияние внешней поляризации на внутренний коррозионный ток.

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. В чем заключается сущность катодной защиты?
2. Где находит применение катодная защита?
3. Как рассчитывают защитный эффект и коэффициент защитного действия?
4. В каких средах наиболее эффективна катодная защита?
5. При каком механизме коррозии можно применять катодную защиту.

#### Тема 9. Пассивность металлов.

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. На чем основана анодная защита внешним источником тока?
2. Что называют пассивностью металла? В чем практическая значимость пассивности?
3. Какими явлениями характеризуется наступление пассивного состояния?
4. Какой процесс называется депассивацией или активацией? Перечислите депассиваторы.
5. Охарактеризуйте основные способы анодной защиты. Укажите условия анодной защиты.
6. Где и в каких средах применима анодная защита?
7. Изобразите полную кривую анодной поляризации и укажите характеристики пассивации.
8. Какие вещества являются депассиваторами?

#### Тема 10. Использование емкостных измерений в изучении коррозии и защиты металлов.

Электрокапиллярные явления. Дисковые электроды. Фотоэлектрическая поляризация (ФЭП).

Студент должен сдать отчет по лабораторной работе, включающий оформление (запись наблюдений, расчеты, выводы) и ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Укажите стадии электродного процесса.
2. какие механизмы массопереноса вы знаете?
3. Каковы представления Нернста о закономерностях конвективной диффузии?
4. В чем заключается недостатки модели диффузионного слоя. Предложенной Нернстом?
5. Каковы отличительные особенности вращающегося дискового электрода?
6. Как определить порядок реакции с использованием вращающегося дискового электрода?

### Практическое задание для практической подготовки

#### Тема 5. Электрохимическая коррозия металлов

Студент должен электрохимическими методами оценить защитное действие ингибиторов по поттошению к металлам или сплавам (на усмотрение преподавателя), дать оценку применимости ингибитора в тех или иных агрессивных средах.

#### Тема 10. Использование емкостных измерений в изучении коррозии и защиты металлов.

Электрокапиллярные явления. Дисковые электроды. Фотоэлектрическая поляризация (ФЭП).

Студент должен оценить степень адсорбции ингибитора сероводородной коррозии на стали с помощью метода электрохимического импеданса.

### Тестирование

#### Тема 3. Методы коррозионных исследований

1. Предпосылки коррозии металлов.
  - а) Термодинамическая неустойчивость металлического состояния, обуславливающая самопроизвольный переход в окисленное состояние.

б) Термодинамическая устойчивость металлического состояния большинства черных и цветных металлов.

в) Наличие примесей в используемых в промышленности черных и цветных металлов.

г) Отсутствие примесей в используемых в промышленности черных и цветных металлов.

2. В чем сущность химического механизма коррозии металлов?

а) Окисление металла и восстановление окислителя происходят в одном акте.

б) Окисление металла и восстановление окислителя происходят в разных актах.

в) Процесс складывается из 3-х пространственно разделенных стадий: окисление металла, перетекание электронов, восстановление окислителя.

г) Процесс складывается из анодной реакции окисления металла и катодной реакции восстановления окислителя, протекающих на разных участках поверхности.

3. Особенности электрохимического коррозионного процесса.

а) Зависимость скорости процесса от потенциала.

б) Независимость скорости процесса от потенциала.

в) Независимость скорости процесса от давления.

г) Зависимость скорости процесса от температуры

4. Укажите правильное соотношение равновесных потенциалов корродирующего металла  $\phi_{\text{Me}}$  и окислителя-деполяризатора  $\phi_{\text{деп.}}$ .

а)  $\phi_{\text{деп.}} > \phi_{\text{Me}}$  б)  $\phi_{\text{деп.}} < \phi_{\text{Me}}$  в)  $\phi_{\text{деп.}} = \phi_{\text{Me}}$  г)  $\phi_{\text{деп.}} < 2 \phi_{\text{Me}}$

5. Что является главным окислителем-деполяризатором при коррозии металлов в нейтральных средах?

а)  $\text{O}_2$  б)  $\text{H}_3\text{O}^+$  в)  $\text{H}_2\text{O}$  г)  $\text{OH}^-$

6. Какое состояние поверхности металла способствует более высокой коррозионной стойкости?

а) Полированное. б) Грубо обработанное.

в) С наклепом на поверхности. г) с удаленной с поверхности оксидной пленкой.

7. Какие анионы вызывают увеличение скорости коррозии металлов из-за их активирующего действия?

а)  $\text{Cl}^-$  б)  $\text{SO}_4^{2-}$  в)  $\text{PO}_4^{3-}$  г)  $\text{SO}_3^{2-}$

8. Выберите внутренние и внешние факторы коррозии:

а) природа металла; б) структура сплава; в) состояние поверхности металла

г) влияние гидродинамических условий д) механические напряжения

Ответ : 1) внутренние ....., 2) внешние.....

9. В каких единицах измеряется глубинный показатель коррозии?

а) мм/год

б) г/(см<sup>2</sup>ч)

в) А/см<sup>2</sup>

г) см<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>ч)

10. В чем заключается волюмометрический метод измерения скорости коррозии?

а) В определении потери массы образцов за определенное время нахождения в агрессивной среде.

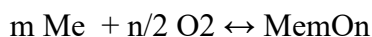
б) В определении объема выделившегося водорода за определенное время нахождения в агрессивной среде.

в) В определении объема поглощенного кислорода за определенное время нахождения в агрессивной среде.

г) В визуальном определении состояния поверхности.

#### Тема 4. Химическая коррозия

1. При каком значении  $\Delta G$  реакция



будет протекать слева направо?

а)  $\Delta G < 0$

б)  $\Delta G > 0$

в)  $\Delta G = 0$

г)  $\Delta G = 1$

2. Укажите условие сплошности пленки оксида, образующегося на поверхности металла.

а)  $V_{\text{ок}} / V_{\text{Me}} > 1$

б)  $V_{\text{ок}} / V_{\text{Me}} < 1$

в)  $V_{\text{ок}} / V_{\text{Me}} = 1$

г)  $V_{\text{ок}} / V_{\text{Me}} = 0,5$

3. Укажите, при каком значении  $V_{\text{ок}} / V_{\text{Me}}$  на поверхности металла образуется сплошная пленка оксида.

а) 2,09

б) 0,79

в) 0,5

г) 11,7

4. Какое уравнение выражает линейный закон роста защитной пленки на металле?

а)  $h = kt + \text{const}$

б)  $h^2 = kt$

в)  $h = klgt$

г)  $h = ekt$

5. Какое уравнение выражает параболический закон роста защитной пленки на металле?

а)  $h^2 = kt$

б)  $h = kt$

в)  $h = klgt$

г)  $h = ekt$

6. Какой металл быстро корродирует в атмосфере  $\text{SO}_2$ ?

а) Ni

б) Cu

в) Pt

г) Au

7. Какой оксид преобладает в окалине, образованной на железе выше  $600^\circ \text{C}$ ?

а) FeO

б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

в)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

г) CO

8. Какого оксида меньше всего в окалине, образованной на железе выше  $600^\circ \text{C}$ ?

а)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

- б) FeO
- в) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
- г) Fe<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

9. Укажите газ, вызывающий обезуглероживание стали и чугуна.

- а) CO<sub>2</sub>
- б) Cl<sub>2</sub>
- в) N<sub>2</sub>
- г) NO

10. При введении какого состава в стали они становятся наиболее жаростойкими?

- а) Cr + Si + Al
- б) Cr
- в) Cr + Si
- г) Al

#### Тема 5. Электрохимическая коррозия металлов

1. Укажите формулу Нернста для расчета обратимого электродного потенциала.

- а)  $j = j_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}}$
- б)  $m = m_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}}$
- в)  $H_3O^+ + e = \frac{1}{2} H_2 + H_2O$
- г)  $\Delta G_0 = - RT \ln K_a$

2. Укажите металл, имеющий обратимый потенциал в водных растворах.

- а) Cu
- б) Fe
- в) Al
- г) Mg

3. Укажите металл, имеющий необратимый потенциал в водных растворах.

- а) Fe
- б) Cu
- в) Cd
- г) Ag

4. Укажите катодный процесс водородной деполяризации при электрохимической коррозии металлов.

- а)  $H_3O^+ + e = \frac{1}{2} H_2 + H_2O$
- б)  $O_2 + 2 H_2O + 4e = 4 OH^-$
- в)  $CuO + H_2O + 2e = Cu + 2 OH^-$
- г)  $R-O + 4 H^+ + 4e = RH_2 + H_2O$

5. Укажите катодный процесс кислородной деполяризации при электрохимической коррозии металлов.

- а)  $O_2 + 2 H_2O + 4e = 4 OH^-$
- б)  $H_3O^+ + e = \frac{1}{2} H_2 + H_2O$
- в)  $CuO + H_2O + 2e = Cu + 2 OH^-$
- г)  $R-O + 4 H^+ + 4e = RH_2 + H_2O$

6. Укажите правильное соотношение равновесных потенциалов корродирующего металла  $\phi_{Me}$  и окислителя-деполяризатора  $\phi_{деп.}$

- а)  $\phi_{деп.} > \phi_{Me}$
- б)  $\phi_{деп.} < \phi_{Me}$
- в)  $\phi_{деп.} = \phi_{Me}$

- г)  $\varphi_{\text{деп.}} < 2 \varphi_{\text{Ме}}$
7. Особенности электрохимического коррозионного процесса.
- Зависимость скорости процесса от потенциала.
  - Независимость скорости процесса от потенциала.
  - Независимость скорости процесса от давления.
  - Зависимость скорости процесса от температуры.
8. Назовите основоположника теории электрохимической коррозии металлов.
- Де ля Рив
  - Акимов
  - Розенфельд
  - Фрумкин
9. Что является главным окислителем -деполяризатором при коррозии металлов в кислых средах?
- $\text{H}_3\text{O}^+$
  - $\text{O}_2$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{OH}^-$
10. Что является главным окислителем-деполяризатором при коррозии металлов в нейтральных средах?
- $\text{O}_2$
  - $\text{H}_3\text{O}^+$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{OH}^-$

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, экзамена

#### Типовые вопросы зачета (ПК-1, ПК-2)

- Термодинамические предпосылки коррозии.
- Классификация коррозионных процессов.
- Внутренние и внешние факторы коррозии.
- Методы коррозионных исследований.
- Химическая коррозия.
- Газовая коррозия. Законы роста пленок на металлах.
- Методы определения их толщины.
- Факторы, влияющие на газовую коррозию.
- Методы защиты от газовой коррозии.
- Коррозия в неэлектролитах.
- Качественные и количественные показатели коррозии.

#### Типовые задания для зачета (ПК-1, ПК-2)

- Рассчитать значение парциального давления кислорода ниже которого химическая коррозия никеля невозможна,  $T = 298 \text{ K}$ .
- Рассчитать значение парциального давления кислорода ниже которого химическая коррозия свинца невозможна,  $T = 298 \text{ K}$ . Будет ли окисляться свинец, если давление кислорода в воздухе составит 0,21 атм.
- Определить может ли магний дать защитную оксидную пленку, если плотность магния и оксида магния соответственно равны 1,74 и 3,65 г/см<sup>3</sup>.
- Установите, подтверждается ли расчетом соотношение Пилинга-Бедвордса, установленный экспериментальный факт существования сплошной оксидной пленки на алюминии  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Плотность металла и оксида соответственно 2,7, 3,99 г/см<sup>3</sup>.

5. Рассчитать показатель изменения массы при коррозии алюминия в олеуме. Размеры образца 50 x 30 x 1 мм, начальная масса 4,053 г, после восьмисуточного испытания - 4,0189 г. К какой группе коррозионной стойкости относится алюминий в этой среде?

### Типовые вопросы экзамена (ПК-1, ПК-2)

1. Электрохимическая коррозия. Основы теории электрохимической коррозии.
2. Особенности электрохимического коррозионного процесса.
3. Поляризация. Поляризационные кривые.
4. Деполяризация и деполяризаторы.
5. Концентрационная поляризация.
6. Активационная поляризация. Перенапряжение водорода.
7. Особенности процесса с водородной деполяризацией.
8. Особенности процесса с кислородной деполяризацией.
9. Коррозионные диаграммы Эванса. Коррозионные диаграммы Вагнера-Трауда.
10. Контролирующий фактор коррозии.

### Типовые задания для экзамена (ПК-1, ПК-2)

1. Рассчитать потенциал хлорсеребряного электрода в 1 M растворе NaCl.
2. Рассчитать ЭДС цепи, состоящей из медного и водородного ( $P_{H_2} = 0,2$  МПа) электродов в растворе сульфата меди ( $a_{Cu^{2+}} = 1$ ) с  $pH=1$ .
3. Рассчитать обратимый потенциал цинка при  $T = 298K$  в 0,1 M растворе сульфата цинка.
4. Установите термодинамическую возможность коррозии цинка с кислородной деполяризацией в нейтральном 0,5 M растворе хлорида цинка, при давлении кислорода 0,1 атм и  $T = 298K$ .
3. Рассчитать обратимый потенциал меди в 0,01-моляльном водном растворе  $CuSO_4$  при  $T = 293 K$ .

#### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

##### Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено» (50 - 100 баллов)	ПК-1	Анализирует и интерпретирует экспериментальные результаты лабораторных коррозионных экспериментов на основе знаний теоретических закономерностей электрохимии. Владеет системой методов отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ по изучению коррозионной стойкости металлов.
	ПК-2	Демонстрирует системные знания теории коррозии металлических материалов, основные закономерности протекания различных видов коррозии пути и средства борьбы с коррозионным разрушением металлоизделий.
«не зачтено» (0 - 49 баллов)	ПК-1	Не ориентируется в базовых вопросах теории электрохимической коррозии металлических материалов. Не способен подбирать материал для теоретических занятий и лабораторных работ по изучению коррозионной стойкости металлов.
	ПК-2	Не знает теорию коррозии металлических материалов, основные закономерности протекания различных видов коррозии, пути и средства борьбы с коррозионным разрушением металлоизделий.

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-1	Демонстрирует глубокие и системные знания фундаментальных химических понятий, лежащих в основе теории коррозионных процессов в газовых и жидких электропроводящих средах; Владеет концепцией комплексного обеспечения защиты материалов от коррозии в том числе по электрохимической защите внутренней поверхности металлических конструкций Способен предложить и обосновать ряд методов проведения эксперимента по изучению коррозионной стойкости металлов и их защите, по электрохимической защите внутренней поверхности металлических конструкций Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано
	ПК-2	Демонстрирует глубокие и системные знания теории химической и электрохимической коррозии металлических материалов, основные закономерности протекания этих видов коррозии пути и средства борьбы с коррозионным разрушением металлоизделий. Анализировать механизм коррозионного процесса и объяснять результаты лабораторных коррозионных экспериментов. Предлагает пути исследования, план проведения эксперимента по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-1	Демонстрирует достаточный уровень знаний основных фундаментальных понятий теорий в области электрохимии и коррозии металлов. Владеет основными методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ по изучению коррозионной стойкости металлов и электрохимической защите внутренней поверхности металлических конструкций Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком.
	ПК-2	Демонстрирует достаточный уровень знаний основных фундаментальных понятий теорий в области электрохимии и коррозии металлов. Способен проанализировать предложенный план исследования по изучению механизма, коррозионной стойкости металлов, по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком.
«удовлетворительно»	ПК-1	Демонстрирует знание некоторых фундаментальных законов общей и химической термодинамики, закономерностей электрохимии. Анализирует предложенный план исследования по изучению механизма, коррозионной стойкости внутренней поверхности металлических конструкций. Владеет отдельными методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ по изучению коррозионной стойкости металлов. Ответ не всегда логично выстроен, вопросы, задаваемые преподавателем, вызывают затруднения



(50 - 69 баллов)	ПК-2	<p>Демонстрирует знание некоторых фундаментальных законов общей и химической термодинамики, закономерностей электрохимии.</p> <p>Анализирует предложенный план исследования по изучению механизма, коррозионной стойкости внутренней поверхности металлических конструкций.</p> <p>Владеет отдельными методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ по изучению коррозионной стойкости металлов.</p> <p>Ответ не всегда логично выстроен, вопросы, задаваемые преподавателем, вызывают затруднения</p>
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-1	<p>Не ориентируется в базовых теоретических вопросах химической термодинамики, электрохимии.</p> <p>Не может применить теорию для анализа конкретной практической ситуации.</p> <p>Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом</p>
	ПК-2	<p>Не ориентируется в базовых теоретических вопросах химической термодинамики, электрохимии.</p> <p>Не может применить теорию для анализа конкретной практической ситуации по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций.</p> <p>Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом.</p>

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

### 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

### 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

#### 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;

- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Основная литература:**

1. Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И., Поздняков А.П. Введение в теорию коррозии металлов : учеб. пособие для вузов. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2002. - 310 с.
2. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Кинетика и механизм электродных реакций в процессах коррозии металлов : учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2010. - 127 с.
3. Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И. Лабораторный практикум по химическому сопротивлению материалов и защите от коррозии : учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2010. - 197 с.

### **6.2 Дополнительная литература:**

1. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых спиртовых и водно-спиртовых средах : [монография]. - М.: Радиотехника, 2009. - 327 с.
2. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Поздняков А.П., Шель Н.В. Научные основы, практика создания и номенклатура антикоррозионных консервационных материалов : Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2001. - 192 с.
3. Белоглазов С.М. Электрохимический водород и металлы. Поведение, борьба с охрупчиванием. - Калининград: Изд-во Калининградского гос. ун-та, 2004. - 320 с.

### **6.3 Методические разработки:**

1. Алехина О.В., Вербекина Н.В. Изучение кинетики электродных процессов на потенциостате-гальваностате IPC-Pro : метод. указания к лабор. практикуму по химич. сопротивлению материалов и защите от коррозии. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2010. - 25 с.
2. Цыганкова Л.Е. Лабораторные работы по импедансной спектроскопии : учеб. пособие для студ. хим. фак. ун-тов. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2008. - 32 с.

### **6.4 Иные источники:**

1. Интернет-энциклопедии - <http://www.rubicon.com/>
2. Электронная библиотека социологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова - <http://lib.socio.msu.ru/l/library>
3. Электронная версия «Социологического журнала», издаваемого Российской академией наук Институтом социологии РАН - [www.nir.ru/socio/scipubl/socjour.htm](http://www.nir.ru/socio/scipubl/socjour.htm)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI (11.0.08) - Russian Adobe Systems Incorporated 10.11.2014 187,00 MB 11.0.08

7-Zip 9.20

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: <https://www.monographies.ru>
2. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>
3. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.