

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

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



Е. В. Скрипникова
«05» июля 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.9 Ингибиторы 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: 2021

Тамбов, 2022

Автор программы:

Кандидат химических наук, Урядникова Марина Николаевна

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 «17» июня 2021 г. Протокол № 8

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института естествознания, Протокол от «05» июля 2021 г. № 10.

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.....	20
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.....	36

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 нацеленных, 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	Анализирует коррозионные процессы, выбирает наиболее рациональный и надежный способ защиты металлических конструкций от коррозии, в том числе с применением современных цифровых технологий
	ПК-2 Способен осуществлять руководство работами по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций	Применяет современные представления о научных основах коррозии металлов для организации защиты от коррозии в различных условиях

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

1	Защита металлов от атмосферной коррозии		+
2	Коррозия металлов с водородной деполяризацией		+
3	Смачивание и адсорбция		+
4	Теория коррозии металлов	+	+
5	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
1	Теория коррозии металлов	+	+
2	Технологическая практика	+	

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

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

Дисциплина «Ингибиторы коррозии металлов» изучается в 7 семестре.

3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 4 з.е.

Очная: 4 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	144
Контактная работа	96
Лекции (Лекции)	32
Лабораторные (Лаб. раб.)	32
Практические (Практ. раб.)	32
Самостоятельная работа (СР)	12
Экзамен	36

3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.				Формы текущего контроля
		Лек ции	Лаб . раб.	Пра кт. раб.	СР	

		О	О	О	О	
7 семестр						
1	Ингибиторы кислотной коррозии.	4	8	-	1	Тестирование; лабораторная работа
2	Построение и нахождение параметров эквивалентных схем годографов импеданса с помощью программного обеспечения ZView, ZPlot.	-	-	8	1	Опрос
3	Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах.	4	8	6	2	Опрос; Лабораторная работа
4	Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных растворах	4	10	8	1	коллоквиум; Лабораторная работа
5	Методы математической обработки полученных результатов, построение графических зависимостей в MS Excel	-	-	4	1	Опрос
6	Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование.	4	-	-	2	Тестирование; Опрос
7	Резонансные» потенциалы как фактор целенаправленного подбора ингибиторов коррозии металлов.	4	-	-	2	Опрос

8	Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.	6	-	-	1	Тестирование; Опрос
9	Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы.	6	6	6	1	коллоквиум; лабораторная работа

Тема 1. Ингибиторы кислотной коррозии. (ПК-1)

Лекция.

Области применения ингибиторов кислотной коррозии. Пути воздействия ингибиторов на коррозионный процесс. Блокировочный и энергетический эффекты. Адсорбция ПАВ на металлах в кислых средах, приведенная шкала потенциалов Л.И. Антропова. Определение степени заполнения поверхности металла ингибитором с помощью импедансных измерений. Изотермы адсорбции ПАВ на металлах и их идентификация.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Лабораторные работы.

Лабораторные занятия.

1. Ингибиторы кислотной коррозии металлов

Цель работы: ознакомиться с методикой определения защитного эффекта ингибиторов.

План работы:

- А) Определение защитного эффекта уротропина и его смеси с иодидом калия при коррозии стали в растворе серной кислоты
- Б) Получение поляризационных кривых на стали.
- В) Проведение расчетов K , Z и γ .
- Г) Сопоставление скоростей коррозии, полученных разными методами
- Д) Определение типа ингибитора по значениям стационарного потенциала металла в неингибированном и ингибированном растворах.

Е) Оформление и защита отчета

Оборудование и реактивы: 9 пластинок стали Ст3 с отверстиями, три стакана на 200 мл, мерный цилиндр на 100 мл, уротропин, иодид калия, 10 %-ый раствор H_2SO_4 , ацетон[1], наждачная бумага, линейка или штангенциркуль, катодный вольтметр, хлорсеребряный электрод сравнения, провода, насыщенный раствор KCl , аналитические весы, электролитическая ячейка, потенциостат, хлорсеребряный электрод сравнения, вспомогательный Pt электрод, рабочий электрод, армированный в оправку.

Опыт 1. Определение защитного эффекта ингибитора гравиметрическим методом.

В три стакана наливают по 150 мл 10 %-го раствора серной кислоты: в первый стакан добавляют 0,1 г уротропина (гексаметилентетрамина), во второй - 0,1 г уротропина и 0,1 г KI , а третий стакан оставляют для контроля. Затем туда опускают подвешенные на полихлорвиниловой жилке образцы стали Ст3 (по 3 в каждый стакан), предварительно зачищенные до зеркального блеска наждачной бумагой, протертые ватой, смоченной ацетоном, и взвешенные на аналитических весах. Через 2 часа после погружения в растворы образцы извлекают, тщательно промывают водой, сушат фильтровальной бумагой и взвешивают. Скорость коррозии рассчитывают по формуле

$$K = \Delta T / (S \cdot t), \text{ (г/см}^2 \cdot \text{ч)}$$

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

Задания для самостоятельной работы.

1. Эффекты, наблюдаемые при введении ингибиторов в коррозионную среду.
2. Приведенная шкала потенциалов по Л.В. Антропову.
3. Типы адсорбционных изотерм.
4. Идентификация изотерм.
5. Анализ метода спектроскопии электрохимического импеданса.

Тема 2. Построение и нахождение параметров эквивалентных схем годографов импеданса с помощью программного обеспечения ZView, ZPlot. (ПК-1)

Лекция.

Не предусмотрена

Практическое занятие.

Описание эквивалентных схем, применяемых для анализа полученных данных согласно литературным источникам. Выбор эквивалентной схемы, соответствующей заданному эксперименту. Выбор метода расчета из числа предложенных. Оценка ошибки при расчете эквивалентно схемы. Способы уменьшения ошибки при работе в программах ZView и ZPlot.

Лабораторные работы.

Не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

Сравнение методов подсчета годографов импеданса на точность полученных данных. Диаграммы Боде.

Тема 3. Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах. (ПК-2)

Лекция.

Влияние галогенидов на катодное выделение водорода на железе в кислых сульфатных растворах. Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых хлоридных средах. Кинетика адсорбции ПАВ при ингибировании катодного выделения водорода. Эффект синергизма.

Практическое занятие.

Определение степени заполнения поверхности металла ингибитором с помощью импедансных измерений. Изотермы адсорбции ПАВ на металлах и их идентификация.

Лабораторные работы.

1. Исследование влияния ингибиторов коррозии на ток диффузии водорода через мембрану
- Цель работы: изучить влияние ингибиторов коррозии на процесс наводороживания металла
- План работы:
- А) Сравнение тока диффузии водорода через мембрану из стали Ст3 в неингибированной среде и в присутствии ингибитора коррозии.
 - Б) Проведение расчетов
 - В) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: двухкамерная ячейка Деванатхана, стальные мембраны, термостат, концентрированный раствор HCl или H₂SO₄, потенциостат, титрованный 0,01 н. раствор KMnO₄, титрованный раствор щавелевой кислоты, хлорсеребряный электрод сравнения, Pt электрод, электролитический ключ, стимуляторы наводороживания, ингибиторы коррозии стали, ацетон[1].

Опыт 1. Исследование влияние добавок промоторов наводороживания стали в 1 н растворе HCl при потенциале коррозии.

а) В поляризационную часть ячейки Деванатхана (рис. 1) вводится 35 мл 1н водного раствора HCl, а в диффузионную столько же 0,01 н. раствора KMnO₄. Через 2 часа раствор перманганата сливается и проводится его титрование титрованным раствором щавелевой кислоты. Предварительно должно быть проведено титрование исходного раствора перманганата (до его контакта с мембраной в ячейке).

Количество вещества прореагировавшего KMnO₄ равно:

V_{яч} – исходный объем раствора KMnO₄ в ячейке, мл.

C – эквивалентная концентрация KMnO₄ ($\mathcal{E}(\text{KMnO}_4) = 1/5 M(\text{KMnO}_4)$)

Количество вещества атомарного водорода, вступившего во взаимодействие с перманганатом калия по (11), рассчитывается из зависимости:

Так как $M(\text{H}) = 1$ г/моль, то $p(\text{H})$ и $t(\text{H})$ численно равны. Тогда плотность тока диффузии водорода через мембрану i_{H} может быть рассчитана по формуле:

$$A/m^2$$

где $M\mathcal{E}(\text{H})$ - молярная масса химического эквивалента водорода, τ - продолжительность опыта в часах, S - площадь мембраны в см².

Расход перманганата калия на пассивацию поверхности мембраны определяют в холостых опытах без заполнения поляризационной части ячейки. Это количество перманганата вычитается из исходной $C(\text{KMnO}_4)$, т.е. $\Delta C(\text{KMnO}_4) = C_{\text{исх}} - C_{\text{оп}} - C_{\text{хол}}$, где $C_{\text{оп}}$ - концентрация KMnO₄ после опыта, $C_{\text{хол}}$ - в холостом опыте.

Для оценки величины ингибирующего или стимулирующего действия добавок в рабочие растворы или величины катодной или анодной поляризации используется коэффициент диффузионной способности

$$\gamma_H = i_0/i,$$

где i_0 и i - плотности тока диффузии водорода в исходном растворе при потенциале коррозии и в растворе с добавками или при наличии поляризации электрода соответственно. Если $i < i_0$, наблюдается торможение, при $i > i_0$ - стимулирование наводороживания.

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

Опыт 2. Исследование влияния ингибиторов коррозии стали на ток диффузии водорода через мембрану.

Ход эксперимента соответствует опыту 1, пункты а и б.

в) В поляризационную часть ячейки вводится 1 н раствор HCl с заданной концентрацией ингибитора (по указанию преподавателя).

Далее все, как в п. а опыта 1

г) Эксперимент тот же, что в пункте в, только рабочий раствор содержит другую концентрацию исследуемого ингибитора или другой ингибитор в той же концентрации, что в пункте в. Полученные результаты представить в виде таблицы, аналогичной приведенным в предыдущих опытах с учетом особенностей данного эксперимента.

Сделать выводы о влиянии ингибиторов коррозии на процесс наводороживания.

Задания для самостоятельной работы.

1. Перенапряжение водорода
2. Зависимости перенапряжения водорода от присутствия в сульфатных растворах добавок хлоридов
3. Влияние внутримолекулярного и межмолекулярного синергизма на перенапряжение водорода и наводороживание металла.

Тема 4. Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных растворах (ПК-1)

Лекция.

Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных растворах. Использование изотермы Темкина при анализе механизма анодного растворения железа в ингибированных растворах по трехстадийным схемам с третьей лимитирующей стадией.

Влияние галогенидов на анодное растворение железа в кислых сульфатных средах. Потенциал нулевого заряда и эффективность ингибиторов.

Практическое занятие.

Связь защитных свойств ингибитора с константами Гаммета и Тафта. Первичное и «вторичное» ингибирование. Связь ингибирования со стимулированием коррозии одними и теми же ПАВ.

Лабораторные работы.

1. Использование импедансной спектроскопии для изучения процесса ингибирования коррозии металлов

Цель: овладение методом импедансной спектроскопии для оценки защитной эффективности ингибиторов коррозии.

- А) Определение степени заполнения Θ ингибитором поверхности металла в растворе электролита импедансным методом.
- Б) Определение влияния концентрации ингибитора на катодный и анодный процессы при коррозии в агрессивном растворе.
- В) Проведение расчетов
- Г) Защита и оформление отчета

Опыт 1. Определение степени заполнения Θ ингибитором поверхности металла в растворе электролита импедансным методом.

Оборудование и реактивы: электролитическая ячейка, рабочий электрод из стали или другого металла, раствор электролита (по указанию преподавателя), ингибитор (по указанию преподавателя), хлорсеребряный электрод сравнения, вспомогательный платиновый электрод, ацетон[1], измерительная аппаратура фирмы Solartron.

Работа выполняется на импедансметре 1255 Solartron в комплекте с потенциостатом 1287 Solartron, соединенных с компьютером.

Порядок работы.

Включить компьютер.

Включить прибор Solartron 1287 и Solartron 1255.

Собрать ячейку. Подключить к ней провода по трехэлектродной схеме: провода Re2 и We соединяются вместе, провод Re1 - к хлоридсеребряному электроду, провод Се - к платиновому электроду.

Дать прогреться прибору 30 минут.

Измерение импеданса при потенциале коррозии и с поляризацией.

Запустить программу Zplot.

Зайти в программу Setup-Cell. В графе Electrode Surface Area указать площадь электрода в квадратных сантиметрах. В графе Reference Electrode Correction выбрать тип электрода сравнения, в нашем случае – хлоридсеребряный. Остальное остается по умолчанию. Закрываем окно Setup Cell.

Выбрать тип эксперимента Ctrl E: Sweep Freq. В окне Polarization задать значение AC Amplitude (mV), равное 10.

При измерении импеданса при потенциале коррозии в графе DC Potential (Volts) задать 0 и далее vs. Open Circuit.

При измерении импеданса при поляризации в графе DC Potential (Volts) задать относительное значение поляризации (при поляризации на 50 мВ, задать значение -0,05 в случае катодной поляризации и 0,05 в случае анодной) и далее vs. Open Circuit.

В графе Frequency Sweep задать Initial Frequency (Hz), равное 10000, а Final Frequency, равное 0,05 или 0,01.

После погружения электрода в раствор необходимо перед измерением импеданса подождать не менее 15 минут для установления потенциала коррозии.

Запустить измерение импеданса кнопкой Measure Sweep. Далее путем нажатия клавиши Toggle Zview перейти в программу Zview, в которой и происходит построение графиков. Кнопкой Auto Scale All Graphs производится масштабирование графиков, т. к. функция автомасштабирования отключена. После завершения эксперимента сохранить полученные данные в файл, в котором при открытии блокнотом можно будет посмотреть все параметры эксперимента.

Оформление результатов.

Для расчета степени заполнения поверхности ингибитором по формуле

$\Theta = (C_0 - C) / (C_0 - C_1)$, где C_0 , C и C_1 – емкости двойного слоя в фоновом растворе, при определенной концентрации ингибитора и при $\Theta = 1$ соответственно, необходимо рассчитать эти величины емкости двойного слоя.. Для этого используется формула для расчета емкости электрода $C = 1/Z''\omega$, где $\omega = 2\pi\gamma$, а γ – частота переменного тока.

Используя годографы, соответствующие фоновому раствору и растворам с различными концентрациями ингибитора, для определенной частоты найти соответствующее значение Z'' и провести расчеты C_0 и C для всех концентраций ингибитора, построив график $C = f(\omega^{-1/2})$, экстраполяция которого до пересечения с осью ординат при $\omega^{-1/2} = 0$ отсекает значение емкости двойного слоя C_d . После этого построить график в координатах

$C_d = f(1/\sin\gamma)$, проэкстраполировать полученную зависимость до пересечения с осью ординат, проходящей через начало координат. Отрезок, отсеченный на этой оси, равен C_1 . Далее рассчитать величину Θ и построить график в координатах $\Theta = f(\lg \sin\gamma)$. Результаты представить в виде таблиц и графиков. Сделать выводы.

Опыт 2. Определение влияния концентрации ингибитора на катодный и анодный процессы при коррозии в агрессивном растворе.

Работа выполняется на импедансметре 1255 Solartron в комплекте с потенциостатом 1287 Solartron, соединенных с компьютером.

Порядок работы см. в опыте 1.

Проводится измерение импеданса при потенциале коррозии исследуемого металла в фоновом растворе и растворах, содержащих различные концентрации ингибитора.

Получив экспериментальные годографы, подобрать подходящую эквивалентную схему, которая позволяет получить величины всех элементов схемы и при этом рассчитанные по программе годографы удовлетворительно совпадают с экспериментальными. Полученные значения всех элементов схемы представить в виде таблицы. Привести изображения годографов для каждого раствора, совместив на одном графике экспериментальные кривые с рассчитанными по программе в соответствии с используемой эквивалентной схемой. Сделать выводы о влиянии ингибитора и его концентрации на сопротивление переноса заряда в катодной и анодной реакциях, емкость двойного слоя и величины других элементов эквивалентной схемы.

Получить поляризационные кривые в фоновом и ингибированном (с разными концентрациями ингибитора) растворах.

Запустить программу CorrWare. Нажать кнопку New. Далее выбрать Experiments-Insert New Experiment-Potentiodynamic-Ok. В графе Scan Initial Potential (V) записать значение, на которое необходимо поляризовать в катодную область со знаком минус. В Final Potential (V) записать значение анодной поляризации. В обоих случаях выбираем в следующей графе vs. Open Circuit. В поле Scan Rate (mV/Second) записать скорость развертки, т.е. на сколько изменится потенциал за 1 секунду (приблизительно это значение должно быть 0,6, что соответствует потенциостатическим измерениям при выдержке при каждом потенциале 30 секунд). Остальное оставляем по умолчанию. В графе Data Acquisition выбираем Method Fixed Rate, Points/Sec записать нужное количество точек в секунду (обычно 1).

В графе Axes Type выбрать тип зависимости, которую нам надо получить. В данном случае это E vs. Log(I).

Нажать Ok.

Для запуска измерений нажать на кнопку Measure Selected. Программа автоматически перейдет к окну, где будут строиться графики.

После построения ПК ячейка автоматически отключится.

Совместить на одном графике поляризационные кривые в фоновом и ингибированном растворах. Проанализировать влияние ингибитора на анодный и катодный процессы на данном металле.

Оформление результатов.

1. Кратко описать ход работы.
2. Привести используемую эквивалентную схему и графики годографов, экспериментальных и рассчитанных, для всех исследованных растворов. Значения всех элементов эквивалентной схемы представить в виде таблицы.
3. Привести графики поляризационных кривых в фоновом и ингибированном растворах.
4. Сопоставить влияние ингибитора на величины сопротивления переноса заряда в анодной и катодной реакциях и на ход поляризационных кривых. Оценить влияние ингибитора на емкость двойного слоя и величины остальных элементов эквивалентной схемы.
5. Если сопротивление переноса заряда в анодной реакции R_1 увеличивается в присутствии ингибитора, это позволяет рассчитать его защитное действие по уравнению:

Эти результаты сопоставить с данными расчета z по величинам скорости электрохимической коррозии $i_{кор}$, рассчитанной путем экстраполяции тафелевских участков анодных поляризационных кривых на потенциал коррозии (привести их в таблице):

$$z = (i_{кор} - i_{кор, инг}) / i_{кор} 100\%$$

6. Сделать выводы по результатам работы.

2. Оценка вкладов формирующейся пленки продуктов коррозии на поверхности металла и ингибитора в суммарный защитный эффект

А) Сопоставление скоростей коррозии стали в ингибированной и неингибированной среде.

Б) Расчет вкладов пленки продуктов коррозии ингибитора в общий защитный эффект

В) Оформление и защита отчета

Оборудование и реактивы: коррозиметр, работающий на основе поляризационного сопротивления, с использованием двух- или трехэлектродной системы, 3%-ый раствор NaCl, Na₂S, ацетон[2], раствор HCl (0,1 н.)

1. В измеренное количество раствора NaCl ввести рассчитанные количества Na₂S и раствора HCl с тем, чтобы концентрация образующегося H₂S составила 100 мг/л.
2. В приготовленный раствор в ячейке погрузить электроды коррозиметра, предварительно зачищенные наждачной бумагой или на шлифовальном станке и обезжиренные, и начать фиксировать скорость коррозии в заданные моменты времени от начала эксперимента: в момент погружения, 5, 10, 30, 60 и 120 мин.
3. В аналогичный раствор вводится заданное количество ингибитора в таком количестве, чтобы его концентрация составила 100 мг/л. Измерения повторяются с вновь подготовленными к работе электродами коррозиметра.

4. На один и тот же график нанести зависимость «скорость коррозии K - продолжительность эксперимента τ » ($K = f(\tau)$) по данным, полученным в неингибированном и ингибированном растворах.
5. Рассчитать защитный эффект формирующейся поверхностной пленки продуктов коррозии в заданные промежутки времени от начала эксперимента по методике, описанной в теоретической части.
6. Далее рассчитывается защитный эффект ингибитора в ингибированном растворе в те же промежутки времени.
7. Суммируя данные защитного действия пленки и ингибитора, получаем суммарный защитный эффект системы «пленка – ингибитор».

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

[2] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

Задания для самостоятельной работы.

1. Приведенная шкалы потенциалов Антропова

2. Анализа трехстадийных механизмов анодного растворения железа с третьей лимитирующей стадией и расчетов порядков реакции анодного растворения железа по ионам водорода, галоидным ионам, гидроксид ионов и определения тафелевского коэффициента наклона линейных участков анодных поляризационных кривых.

Тема 5. Методы математической обработки полученных результатов, построение графических зависимостей в MS Excel (ПК-1)

Лекция.

не предусмотрена

Практическое занятие.

Работа в MS Excel. Работа с формулами. Составление формул, необходимых для перевода величин из одной размерности в другую. Работа с диаграммами. Построение диаграмм по полученным и обработанным данным. Работа с графиками.

Лабораторные работы.

не предусмотрены

Задания для самостоятельной работы.

Способы изменения вида графиков и диаграмм.

Тема 6. Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование. (ПК-1)

Лекция.

Связь защитных свойств ингибиторов с электронной плотностью на атоме, являющемся основным реакционным центром. Связь защитных свойств ингибитора с константами Гаммета и Тафта. Первичное» и «вторичное» ингибирование. Связь ингибирования со стимулированием коррозии одними и теми же ПАВ.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Лабораторные работы.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Теорией Хаккермана.
2. Теорией Донахью и Ноуба.
3. Связь защитных свойств ингибитора с константами Гаммета и Тафта по методу Григорьева и Экилика.
4. «Первичное» и «вторичное» ингибирование
5. Примеры ингибирования и стимулирования коррозии одними и теми же ПАВ.

Тема 7. Резонансные» потенциалы как фактор целенаправленного подбора ингибиторов коррозии металлов. (ПК-2)

Лекция.

Связь величины адсорбции органических соединений со значением первого потенциала ионизации.
Связь величины адсорбции анионов со значением первого потенциала ионизации.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Лабораторные работы.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Определение первого потенциала ионизации.
2. Объяснение причины появления двух или более максимумов для металлов на зависимости величины адсорбции от величины потенциалов ионизации органических соединений.
3. Использование потенциалов ионизации для подбора ингибиторов.

Тема 8. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ. (ПК-1)

Лекция.

Механизм коррозии металлов в неводных средах. Роль состояния молекул растворителя в двойном электрическом слое в кинетике и механизме ионизации металлов. Диссоциативная и недиссоциативная адсорбция молекул растворителя в процессах ионизации сольвофильных металлов. Механизм ионизации сольвофобных металлов. Работы В.П. Григорьева и В.В. Экилика. Работы В.И. Вигдоровича с сотрудниками. Химическое растворение металлов в неводных средах.

Практическое занятие.

не предусмотрено

Лабораторные работы.

не предусмотрено

Задания для самостоятельной работы.

1. Процесс диссоциативной адсорбции МР и последующие стадии процесса;
2. Необратимая хемосорбция МР вследствие их деструкции и протекания последующих процессов полимеризации метиленовых радикалов с образованием пропана, пропена, бутана, изобутана.
3. Анализ механизма химического растворения металла, обусловленного деструкцией МР.
4. Анализ электрохимического механизма растворения сольвофобных металлов по механизму комплексообразования.
5. Причины снижения ингибиторного действия известных ингибиторов водных сред в неводных растворах, по Григорьеву и Экилику.
6. Почему каталитические яды, ингибирующие коррозию железа в спиртовых средах, не желательны в качестве ингибиторов?

7. Условия адсорбции растворителя и ингибитора с точки зрения конкурентной адсорбции, по В.И. Вигдоровичу с сотрудниками.
8. Дифференцирование электрохимического и химического механизмов растворения железа в кислых средах.

Тема 9. Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы. (ПК-1)

Лекция.

Конденсация влаги на поверхности металла. Влияние состава атмосферы и климатических условий на кор-розию металлов Внешние факторы атмосферной коррозии. Защита ингибиторами и ингибированными полимерными пленками. Ингибиторы для сплавов черных металлов. Ингибиторы атмосферной коррозии для черных и цветных металлов. Классификация консервационных материалов для защиты от атмосферной коррозии. Новая техни-ческая политика создания малокомпонентных консервационных материалов. Кинетика электродных про-цессов на металле под тонкими пленками масляных покрытий. Эффект последействия. Методы коррозион-ных испытаний и методика прогнозирования защитной эффективности консервационных материалов.

Практическое занятие.

Классификация консервационных материалов для защиты от атмосферной коррозии. Новая техническая политика создания малокомпонентных консервационных материалов. Кинетика электродных процессов на металле под тонкими пленками масляных покрытий. Эффект последействия. Методы коррозионных испытаний и методика прогнозирования защитной эффективности консервационных материалов.

Лабораторные работы.

1. Применение летучих ингибиторов для защиты от атмосферной коррозии металлов

Цель работы: ознакомиться с методами применения летучих ингибиторов

План работы:

А) Сравнение скорости коррозии стали, меди и латуни в неингибированной среде и в присутствии летучего ингибитора коррозии.

Б) Проведение расчетов

В) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: три эксикатора с крышками и фарфоровыми вставками (пластинками), шесть образцов из стали Ст3 прямоугольной формы, шесть образцов из меди или ее сплавов, наждачная бумага, фильтровальная бумага, вата, ацетон[1], NaNO_2 и $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (кристаллические), карбонат моноэтаноламина (готовится пропусканием CO_2 через моноэтаноламин при температуре не выше 40°C до полного насыщения).

Для ускорения испытания в эксикаторы с притертой крышкой наливают через воронку с длинной каучуковой трубкой горячую воду ($50-60^\circ \text{C}$). За счет этого в эксикаторе создается повышенная влажность, что сильно ускоряет коррозию.

1. Приготовить 15 % -ый раствор нитрита натрия и 50 % -ый раствор карбоната моноэтаноламина. Полученными растворами пропитать фильтровальную бумагу, после чего ее высушить
2. Пластины из меди и углеродистой стали обработать наждачной бумагой до блестящей гладкой поверхности, протереть ватой, смоченной ацетоном.
3. В первый эксикатор подвесить по две пластины из стали и меди и налить горячей воды на дно эксикатора (рис. 1). Это контрольный опыт. Во 2-ой эксикатор на дно фарфоровой вставки положить обернутые в изготовленную ингибированную бумагу также по две пластины из меди и стали и затем, как и в первый, налить на дно горячую воду. В третий эксикатор на фарфоровую вставку поставить часовое стекло и насыпать по 2-3 г. нитрита натрия NaNO_2 и карбоната аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ в отношении 1:1, после чего подвесить по две медные и стальные пластины, налить на дно горячую воду.

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

2. Применение масляных композиций для защиты от атмосферной коррозии металлов.

Цель работы: Ознакомиться с использованием для защиты от атмосферной коррозии покрытий образцов металла масляными композициями, содержащими маслорастворимые ингибиторы.

План работы:

А) Сравнение скорости коррозии стали, меди и латуни без покрытия и с покрытием.

Используются масляные композиции с содержанием ингибитора 5; 10 и 20 % (или 10; 20 и 30 %).
Масла: И 20-АБ трансформаторное, отработанное ММО.

Б) Проведение расчетов

В) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: образцы металла (сталь Ст3 и др.), наждачная бумага, фильтровальная бумага, ацетон[1], промышленное масло, отработанное моторное масло, кубовые остатки синтетических жирных кислот (КО СЖК), смесь СЖК и т.п., 3 % -ный раствор NaCl, сушильный шкаф или воздушный термостат, термовлагокамера.

1. Приготовить защитные масляные композиции. Для этого растворить в масле (по указанию преподавателя) ингибиторы (по указанию преподавателя), чтобы получились масляные растворы с содержанием ингибитора 5; 10 и 20 % (или 10; 20 и 30 %).

2. Зачистить наждачной бумагой разных номеров до блестящей поверхности 12 образцов стали Ст3, определить с помощью штангенциркуля их размеры для расчета площади поверхности, обезжирить ацетоном, высушить фильтровальной бумагой и взвесить на аналитических весах с точностью до 4 знака.

3. 9 образцов и приготовленные масляные композиции выдержать в воздушном термостате при 50°C в течение 15 минут, после чего нанести на образцы масляную пленку путем погружения их в приготовленные масляные композиции (по три образца в каждую) с последующим подвешиванием в этом же термостате при этой же температуре и выдержкой до прекращения стекания масла с поверхности. Затем охладить их до комнатной температуры

4. Далее 3 образца без масляной пленки и 9 образцов, покрытые пленками масляных композиций различного состава, погрузить в 3 %-ый раствор хлорида натрия, объем которого для каждого образца берется из расчета 10 мл на 1 см² поверхности. Оставить их в коррозионной среде на 7 суток (или до следующего занятия).

1 5. Через определенное время τ (7 суток или больше) вынуть образцы из коррозионной среды, протереть их ветошью, обработать раствором для снятия продуктов коррозии, промыть водой, водопроводной и дистиллированной, обезжирить ацетоном и взвесить на аналитических весах.

2 6. По потерям массы образцов рассчитать скорость коррозии по формуле

и из 3-х параллельных результатов для каждого состава взять среднее значение. Рассчитать защитное действие Z масляных покрытий по формуле: $Z = \frac{K_0 - K}{K_0}$, где K_0 и K - скорости коррозии соответственно незащищенных и защищенных масляными композициями образцов. Результаты свести в таблицу.

7. Аналогично пп.2 - 4 подготовить такое же количество образцов и подвесить их в термовлагокамере на 30 суток или до следующего занятия, после чего извлечь их оттуда и обработать по п.5. Рассчитать скорости коррозии и защитное действие масляных композиций, согласно п.6,

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

3. Электрохимическая оценка эффективности защитных неметаллических покрытий на масляной основе.

Цель работы: овладеть методикой электрохимической оценки эффективности защитных неметаллических покрытий на масляной основе.

План работы:

А) Сравнение поляризационных характеристик стали Ст3 в 0,5 М растворе хлорида натрия с незащищенной поверхностью и покрытой масляной пленкой или пленкой масляной композиции с ПАВ.

Б) Изучение влияния концентрации добавки ПАВ в масло на защитную эффективность масляной композиции.

В) Изучение влияния смыва защитной композиции и эффекта последействия на поляризационные характеристики стали Ст3.

Г) Изучение кинетики электродных процессов на стали в водных вытяжках масляной композиции

Д) Проведение расчетов

Е) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: потенциостат, образцы стали Ст3 для электрохимических измерений, электролитическая ячейка, наждачная бумага, ацетон[1], стеклянная палочка, аналитические весы, индустриальное масло И-20А, трансформаторное масло, кубовые остатки синтетических жирных кислот (КО СЖК), смесь СЖК, индивидуальные жирные кислоты или их амиды и т.п., 0,5 М раствор хлорида натрия, хлорсеребряный электрод сравнения Pt электрод, делительная воронка с рубашкой, термостат, электролитический ключ.

Для электрохимических измерений используется электрод из стали Ст.3, армированный в эпоксидную смолу, отвержденную полиэтиленполиамином, с горизонтально расположенной рабочей поверхностью (рис. 1), обработанный наждачной бумагой разных номеров, обезжиренный ацетоном. На рабочую поверхность наносят каплю масляной композиции, равномерно растирают ее стеклянной палочкой, которая была предварительно взвешена сухая, а затем окунутая в масло. После растирания масла на поверхности электрода палочка снова взвешивается и по разнице веса до нанесения масляной пленки на поверхность электрода и после нанесения определяют массу масляной композиции, нанесенной на поверхность. Разделив эту массу на плотность масляной композиции ($\rho = 0,92 - 0,93 \text{ г/см}^3$, в конкретном случае определяется ареометром) и зная площадь S поверхности электрода, легко определить толщину h масляной пленки по формуле:

см

Обычно толщина такой пленки составляет 10-15 мкм ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$).

Опыт 1. Сравнение поляризационных характеристик стали Ст3 в 0,5 М растворе хлорида натрия с незащищенной поверхностью и покрытой масляной пленкой или пленкой масляной композиции с ПАВ.

1. Снять поляризационные кривые на незащищенном масляной пленкой электроде из Ст3.

Для этого поверхность электрода шлифуется, обезжиривается ацетоном, после чего электрод погружается в электрохимическую ячейку и присоединяется к соответствующей клемме потенциостата (хлорсеребряный электрод сравнения и Pt электрод также подсоединены к потенциостату соответственно), который включается в сеть за полчаса до начала работы указанным в инструкции способом (порядок включения см. в работе № 8). Затем в электролитическую ячейку заливается 0,5 М раствор NaCl в таком объеме, чтобы слой раствора был на 1 - 1,5 см выше поверхности электрода. Затем подвести капилляр Луггина на расстояние примерно 0,5 мм от поверхности электрода и заполнить его рабочим раствором.

2. Фиксируется потенциал рабочего электрода в отсутствие тока (ячейка отключена). Затем задается значение потенциала на 300 мВ отрицательнее начального, включается ячейка и записывается катодный ток. Далее потенциал электрода последовательно через 20 мВ смещают в положительную сторону и регистрируют соответствующие значения тока. При переходе через стационарный потенциал ток меняет полярность. Измерения заканчивают после того, как накладываемый на электрод потенциал достигнет величины на 200 - 250 мВ более положительной, чем Ест. Результаты измерений записать в таблицу, аналогичную таблице 16 в работе № 12. Затем отключить поляризацию, дождаться установления стационарного потенциала и вновь повторить снятие поляризационной кривой из катодной области в анодную. В случае большого расхождения с результатами первого измерения заменить раствор на свежий и вновь снять поляризационную кривую аналогичным способом. Раствор слить в стакан, так как он будет использован вторично. Электрод осушить фильтровальной бумагой.
3. Далее рабочий электрод вновь отшлифовать и обезжирить ацетоном, после чего нанести каплю масла, не содержащего добавки ПАВ, указанным выше способом. Выдержать электрод на воздухе 15 минут. После этого поместить электрод в электролитическую ячейку и затем пипеткой на 50 мл осторожно по стенке ячейки залить рабочий раствор, использованный в предыдущем опыте, вновь слой раствора электролита должен быть на 1,0 - 1,5 см выше верхнего слоя пленки на электроде. Заполнить электролитический ключ с капилляром Лuggина раствором электролита и снять поляризационные кривые, как описано в п.2. Результаты измерений записать в таблицу. Раствор слить из ячейки, электрод протереть и высушить.
4. Далее рабочий электрод вновь отшлифовать, обезжирить ацетоном и нанести слой композиции масла с ПАВ (состав композиции указывается преподавателем). Далее поступить так же, как указано в п. 3.
5. Все поляризационные кривые нанести на один график на миллиметровой бумаге и оценить влияние масляной пленки и пленки масляной композиции на скорости катодного и анодного процессов на стали Ст3 в растворе электролита. Для этого провести линии постоянного потенциала в катодной и анодной областях и определить по графику токи, соответствующие точкам пересечения этих линий с поляризационными кривыми в анодной и катодной областях. Результаты представить в таблице типа таблицы 1.

Примечание. В программное обеспечение потенциостата IPC-PRO заложены одновременное отображение и математическая обработка полученных данных, сохранение их на диске ПК, а также распечатка исходной графической информации на принтере.

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

Опыт 4. Изучение кинетики электродных процессов на стали в водных вытяжках масляной композиции.

1. Получить водную вытяжку защитной композиции (по указанию преподавателя или той, с которой выполнялись предыдущие опыты). С этой целью в делительную воронку с рубашкой заливают 50 мл защитной масляной композиции и такой же объем воды. Их интенсивно перемешивают при заданной температуре стеклянной мешалкой в течение 30 минут. Затем мешалку останавливают и содержимое делительной воронки выдерживают для разделения в течение 1 часа. После отстаивания сливают нижний водный слой, вводят в него хлорид натрия до концентрации 0,5 М.
2. Залить полученный раствор в электролитическую ячейку, поместить в нее электроды (рабочий и платиновый) и приготовить ее к снятию поляризационных кривых, как указано в п. 1 опыта 1.
3. Снять поляризационные кривые по методике, описанной в п. 2 опыта 1, результаты записать в таблицу.
4. На одном графике на миллиметровой бумаге изобразить поляризационные кривые, полученные на стали в данном опыте и в опыте 1 п. 2 для незащищенной поверхности стали, сравнить в условиях постоянства потенциала катодные и анодные токи для этих двух случаев, как описано в п.4 опыта 3.

5. Сделать выводы об изменении скоростей электродных процессов в водной вытяжке масляной композиции.

1 4. Оценка защитных свойств масляных композиций методами импедансной спектроскопии.

Цель работы: освоить методику оценки защитных свойств масляных композиций с помощью спектроскопии электрохимического импеданса.

План работы:

А) Сопоставление годографов импеданса и параметров эквивалентной схемы для чистого металла и металла под пленкой.

Б) Проведение расчетов

В) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: ячейка, рабочий электрод из стали или другого металла, электрохимическая ячейка для снятия поляризационных кривых, 3 % раствор хлорида натрия, ацетон[1], масла (индустриальное, трансформаторное, отработанное моторное (ММО)), ингибитор для введения в масло (по указанию преподавателя), цинковый порошок, графитовый порошок, хлорсеребряный электрод сравнения, вспомогательный платиновый электрод, измерительная аппаратура фирмы Solartron.

Работа выполняется на импедансметре 1255 Solartron в комплекте с потенциостатом 1287 Solartron, соединенных с компьютером.

1. Снять спектр импеданса для электродов без покрытия, с покрытием масляной пленкой без наполнителя и с покрытием масляной композицией с наполнителем. Для этого провести измерение импеданса исследуемого металла при потенциале коррозии в растворе хлорида натрия.

2. Получить поляризационные кривые в исследуемом растворе на электроде без покрытия, с покрытием масляной пленкой без наполнителя и с покрытием масляной композицией с наполнителем.

3. Привести экспериментально полученные диаграммы Найквиста для электрода без покрытия, с покрытием масляной пленкой, с покрытием пленкой масляной композиции с наполнителем. Проверить применимость приведенных во введении к работе эквивалентных схем. При удовлетворительном совпадении экспериментальных годографов и рассчитанных по используемым схемам представить таблицы со значениями всех элементов схем и сделать выводы о влиянии масляной пленки и пленки масляной композиции на поведение стали. Если используемые эквивалентные схемы недостаточно хорошо описывают экспериментальные графики импеданса изученных систем, попытайтесь их модифицировать и привести соответствующие новым схемам величины всех их элементов.

4. Привести графики поляризационных кривых, полученных в исследуемом растворе на электроде без покрытия, с покрытием масляной пленкой без наполнителя и с покрытием масляной композицией с наполнителем. Оценить влияние покрытий на скорость анодных и катодных процессов.

5. Сделать выводы, сопоставив данные импедансной спектроскопии и поляризационных кривых.

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации и международными договорами Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими локальными нормативными актами Университета

Задания для самостоятельной работы.

1. Ингибиторы для сплавов черных металлов.

2. Создание ингибиторов атмосферной коррозии, пригодных как для черных, так и цветных металлов.

3. Компоненты консервационных материалов, состоящих из растворителя-основы и полифункциональной присадки.

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

7 семестр

- текущий контроль – 87 баллов
- контрольные срезы – 2 среза: 5 баллов, 8 баллов
- 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.	Ингибиторы кислотной коррозии.	Тестирование	15	Решение теста из 15 вопросов. 1 правильный вопрос-1 балл
		лабораторная работа	5	Выполнение лабораторной работы – 1 балл; оформление результатов в тетради – 1 балл, ответы на 3 теоретических вопро-са при защите лабораторной работы – 3 балла (по 1 баллу за правильный ответ)ой презентации – 1 балл
2.	Построение и нахождение параметров эквивалентных схем годографов импеданса с помощью программного обеспечения ZView, ZPlot.	Опрос	2	Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла. Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл. Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов
3.	Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах.	Опрос	2	Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла. Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл. Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов
		Лабораторная работа	5	Выполнение лабораторной работы – 1 балл; оформление результатов в тетради – 1 балл, ответы на 3 теоретических вопроса при защите лабораторной работы – 3 балла (по 1 баллу за правильный ответ)

4.	Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных растворах	коллоквиум(контрольный срез)	5	<p>Студент обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано. На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу – 7 баллов</p> <p>Студент обнаруживает достаточно глубокие знания программного материала, Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений – 4-6 баллов</p> <p>Студент показывает не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, 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 – 2 – 3 балла</p> <p>Студент показывает слабый уровень профессиональных знаний. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом – 0 – 1 балл</p> <p>- 1 балл</p> <p>менее 50% - 0 баллов</p>
		Лабораторная работа	10	Выполнение лабораторной работы – 1 балл; оформление результатов в тетради – 1 балл, защита лабораторной работы – 1 балл
5.	Методы математической обработки полученных результатов, построение графических зависимостей в MS Excel	Опрос	2	<p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла.</p> <p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл.</p> <p>Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов</p>
6.	Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование.	Тестирование	15	Решение теста из 15 вопросов. 1 правильный ответ - 1 балл
		Опрос	2	<p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла.</p> <p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл.</p> <p>Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов</p>
7.	Резонансные» потенциалы как фактор целенаправленного подбора ингибиторов коррозии металлов.	Опрос	2	<p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла.</p> <p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл.</p> <p>Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов</p>
8.	Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.	Тестирование	15	Решение теста из 15 вопросов. 1 правильный ответ - 1 балл
		Опрос	2	<p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла.</p> <p>Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл.</p> <p>Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов</p>

9.	Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы.	коллоквиум(контрольный срез)	8	<p>Студент обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано. На вопросы отвечает кратко, аргументировано, уверенно, по существу – 10 баллов</p> <p>Студент обнаруживает достаточно глубокие знания программного материала, Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают существенных затруднений – 4 балла</p> <p>Студент показывает не достаточный уровень знаний учебного и лекционного материала, 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 – 5-9 баллов</p> <p>Студент показывает слабый уровень профессиональных знаний. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом – 0 – 4 балла</p>
		лабораторная работа	10	Выполнение лабораторной работы – 1 балл; оформление результатов в тетради – 1 балл, ответы на 3 теоретических вопроса при защите лабораторной работы – 3 балла (по 1 баллу за правильный ответ) иала, некачественной презентации – 1 балл
10.	Премиальные баллы		10	Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены за выполнение творческих заданий на выбор студента в зависимости от темы.
11.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы		50	студент может предоставить все задания текущего контроля и контрольные срезы
12.	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. Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных растворах

Вопросы к коллоквиуму

1. Показатели, характеризующие эффективность ингибиторов.
2. Ингибиторные эффекты. Выражений коэффициента торможения катодного процесса и скорости коррозии в целом при блокировочном и ψ_1 -эффектах.
3. Расчет $\Delta\psi_1$ по $\Delta\phi_{кор}$ по Антропову. Использование $\Delta\psi_1$ для ртути для расчета γ других металлов. Условия использования этого подхода.

4. Импедансная спектроскопия. Определение степени заполнения поверхности ингибитором Θ на металле, корродирующем в ингибированной среде.
5. Анализ изотерм адсорбции ПАВ на металлах. Критерии, используемые для определения типа изотермы.
6. Типичные ингибиторы кислотной коррозии и их эффекты (таблица). Эффект синергизма.
7. Механизм катодной деполяризации в кислых средах. Расчет критерияльных величин.
8. Кинетика адсорбции ПАВ при ингибировании катодного выделения водорода (основные типы поверхности адсорбентов и соответствующие кинетические изотермы, сочетание с блокировочным и энергетическим действием ингибитора; вывод уравнений, позволяющих графическую проверку, графики).
9. Механизмы анодного растворения железа (механизм Фрумкина, Хойслера, Бокриса, Колотыркина-Флорианович, трехстадийные механизмы). Вывод кинетических уравнений.
10. Ингибирование анодного растворения железа:
 - А) в кислых сульфатных средах;
 - Б) в кислых хлоридных растворах.

Тема 9. Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы.

Вопросы к коллоквиуму

1. Потенциал нулевого заряда и эффективность ингибиторов.
2. Влияние структуры органических веществ на ингибирующие свойства.
3. Резонансные потенциалы как фактор подбора ингибитора.
4. «Первичное» и «вторичное» ингибирование.
5. Связь ингибирования со стимулированием коррозии одними и теми же ПАВ.
6. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.
7. Классификация и механизм атмосферной коррозии. Конденсация влаги на поверхности металла. Влияние состава атмосферы и климатических условий на коррозию металлов. Внешние факторы атмосферной коррозии.
8. Защита от атмосферной коррозии ингибиторами (черных и цветных металлов), ингибированными полимерными пленками и масляными покрытиями.
9. Ингибирование коррозии в нейтральных средах. Пассивация металлов ингибиторами-окислителями.
10. Ингибирование коррозии в нейтральных средах. Пассивация металлов в присутствии ингибиторов, образующих труднорастворимые соединения
11. Ингибирование коррозии посредством замедления катодной реакции. Закономерности развития локальной коррозии при защите металлов ингибиторами.

лабораторная работа

Тема 1. Ингибиторы кислотной коррозии.

Дополнительные вопросы для лабораторных работ

1. Укажите способы защиты металлов от коррозии.
2. Что такое коррозионные диаграммы Эванса, для чего используются?
3. Изобразите диаграммы Эванса с различным типом контроля.
4. Проиллюстрируйте действие ингибиторов на скорость коррозии с помощью диаграмм Эванса.
5. В чем причина процесса коррозии металлов?
6. Перечислите способы выражения скорости коррозии.
7. Как характеризуется эффективность ингибитора?
8. Перечислите ингибиторы коррозии для нейтральных и кислых сред.

Тема 3. Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах.

1. Запишите уравнения Фольмера, Тафеля и Гейровского.
2. Чем вызывается водородное охрупчивание металла?
3. Что такое наводороживание металла?
4. Какие вещества являются стимуляторами наводороживания стали?
5. Каков механизм действия стимуляторов наводороживания?
6. Как экспериментально определяется количество водорода, диффундирующего в стальную мембрану?

Тема 4. Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных растворах

1. Каковы основные структурные элементы, используемые в методе импедансной спектроскопии?
2. Что представляет собой годограф импеданса (диаграмма Найквиста)?
3. Приведите примеры эквивалентных схем, моделирующих процесс коррозии металла и объясните значения всех элементов схемы.
4. Как изменяется емкость двойного слоя при адсорбции ингибитора.
5. О чем говорит рост сопротивления переноса заряда анодной реакции при введении ингибитора?
6. Когда можно использовать сопротивление переноса заряда анодной реакции для расчета защитного эффекта ингибитора?
7. С чем связано снижение скорости коррозии стали во времени в сероводородных и углекислотных средах?
8. В чем сущность метода разделения вкладов ингибитора и пленки продуктов коррозии в защитный эффект в ингибированных растворах?
9. Покажите схематически возможность разделения этих вкладов.

Тема 9. Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы.

1. Назовите типы атмосферной коррозии.
2. По какому механизму протекает атмосферная коррозия?
3. Какие факторы влияют на скорость атмосферной коррозии?
4. Назовите методы защиты от атмосферной коррозии.
5. Какие ингибиторы используются для защиты от атмосферной коррозии?
6. С чем связано водопоглощение масляными композициями?
7. Каким требованиям должна удовлетворять полифункциональная добавка к маслам?
8. Что такое эффект последствия?
9. Как определить толщину масляной пленки, нанесенной на поверхность металлического образца?

Опрос

Тема 2. Построение и нахождение параметров эквивалентных схем годографов импеданса с помощью программного обеспечения ZView, ZPlot.

Вопросы опроса.

1. Какая эквивалентная схема используется для расчета в условиях сероводородной коррозии?
2. Какая эквивалентная схема используется для расчета в условиях атмосферной коррозии?
3. Что означает каждый элемент в эквивалентной схеме?
4. Что моделирует эквивалентная схема?
5. Диаграмма Боде.
6. Выбор метода расчета импеданса.
7. Вид годографа импеданса.

Тема 3. Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах.

Вопросы для опроса

1. В каких координатах линейны изотермы адсорбции Ленгмюра, Темкина, Фрумкина?
2. Для чего проводится линеаризация изотермы адсорбции?
3. Как влияет pH на характер адсорбции ПАВ?
4. Как влияет анионный состав среды на характер адсорбции ПАВ?
5. Какие ингибиторы используются в качестве модельных объектов для изучения катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах?
6. Как влияет добавка галогенид-ионов в кислые сульфатные среды на катодное выделение водорода на железе?
7. Приведите примеры проявления эффекта синергизма при ингибировании коррозии.
8. Какие типы поверхности металла выделяют при оценке адсорбции ингибиторов?
9. Перечислите основные типы кинетических изотерм при адсорбции ингибиторов.
10. Как графически проверить соответствие адсорбции конкретного ингибитора определенному типу поверхности и кинетическому уравнению

Тема 6. Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование.

Вопросы для опроса

1. Теория Хаккермана. Связь между адсорбируемостью веществ и их ингибирующей способностью, по Хаккерману.
2. Мера электронной плотности на функциональном атоме. Использование уравнения Гаммета в исследованиях В.П. Григорьева с сотрудниками.
3. Доказательства вторичного ингибирования.
4. Связь ингибирования со стимулированием коррозии одними и теми же ПАВ. Вывод формул.
5. Анализ уравнения кинетики катодного выделения водорода с точки зрения выяснения множителей, оказывающих ингибирующее или стимулирующее действие.
6. Блокировочный, энергетический и Е_{Ме-Н} эффекты, с точки зрения одновременного действия.

Тема 7. Резонансные» потенциалы как фактор целенаправленного подбора ингибиторов коррозии металлов.

1. Что такое резонансный потенциал?
2. Почему бензофенон и фурфурол адсорбируются на цинке практически одинаково, несмотря на разницу в структуре?
3. Чем объясняется наличие нескольких максимумов на кривой зависимости адсорбции от потенциала ионизации?
4. В каких условиях Е.А. Нечаевым были определены резонансные потенциалы?
4. Как связаны величины резонансного потенциала с $\Delta G_{адс}$ вещества и гидрофильностью поверхности металла?
5. При каких условиях электронное строение органических молекул в меньшей степени влияет на адсорбцию на металле?
6. Как Е.А. Нечаевым осуществлялся целенаправленный подбор ингибиторов для железа?

Тема 8. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.

1. Какова роль состояния молекул растворителя в двойном электрическом слое в кинетике и механизме ионизации металлов?
2. Какие металлы относятся к сольвофильным?
3. Какие металлы относятся к сольвофобным?

4. Как происходит диссоциативная адсорбция МР на поверхности металла? Чему в этом случае равен порядок реакции по ионам водорода?
5. Каков механизм необратимой хемосорбции молекул МР на металле с деструкцией?

Тестирование

Тема 1. Ингибиторы кислотной коррозии.

Тест

1. На каких металлах преимущественно изучалась кинетика электродных процессов, в том числе, в присутствии ПАВ?
 - 1) на ртути и амальгамах;
 - 2) на черных металлах;
 - 3) на цветных металлах;
 - 4) на Pt и Ir.
2. Что характеризует константа «а» в уравнении изотермы адсорбции Фрумкина?
 - 1) взаимодействие между адсорбированными частицами;
 - 2) константу адсорбционного равновесия;
 - 3) энергетическую неоднородность поверхности;
 - 4) тафелевский наклон поляризационных кривых.
3. За счет какого эффекта добавка галогенид-ионов к сернокислому раствору повышает перенапряжение водорода на Fe?
 - 1) ψ_1 -эффект;
 - 2) блокировка;
 - 3) изменение энергии связи Надс с Fe;
 - 4) кинетический эффект.
4. Какие эффекты ингибиторов, по Антропову, вызывают наибольшее торможение коррозионного процесса?
 - 1) блокировочный и энергетический;
 - 2) кинетический и химический;
 - 3) изменение тафелевских коэффициентов наклона и коэффициентов переноса;
 - 4) изменение энергии активации и порядка реакции по компонентам раствора.
5. Как называется коэффициент f в уравнении изотермы адсорбции Темкина?
 - 1) фактор энергетической неоднородности;
 - 2) коэффициент переноса;
 - 3) тафелевский коэффициент наклона;
 - 4) аттракционная постоянная.
6. На какую стадию РВВ оказывают добавки галогенид-ионов в сернокислый раствор тормозящее действие?
 - 1) разряд;
 - 2) рекомбинация;
 - 3) газоудаление;
 - 4) диффузия
7. Что такое эффект синергизма?
 - 1) взаимное усиление защитных свойств двух веществ;
 - 2) подавление одним веществом защитных свойств другого;
 - 3) вытеснение одним веществом адсорбированных частиц другого;
 - 4) химическая реакция между двумя веществами.
8. Как сочетается адсорбция ингибитора и ОН- на поверхности железа в 3-х стадийном механизме анодной ионизации?

- 1) в первой стадии адсорбируется ОН- и ингибитор;
 - 2) в 1 стадии адс-ся ингибитор;
 - 3) во второй стадии адс-ся ингибитор;
 - 4) во второй стадии адсорбируется ОН- и ингибитор;
9. Почему увеличение размера молекул ингибиторов вследствие введения крупных заместителей усиливает их ингибирующее действие?
- 1) из-за увеличения блокировки поверхности;
 - 2) из-за увеличения энергии связи Н с металлом;
 - 3) из-за увеличения тафелевских наклонов;
 - 4) из-за увеличения коэффициентов переноса.
10. Что характеризует величина В в уравнениях изотерм адсорбции?
- 1) константу адсорбционного равновесия;
 - 2) взаимодействие между адсорбированными частицами;
 - 3) энергетическую неоднородность поверхности;
 - 4) тафелевский наклон поляризационных кривых.
11. Какие анионы усиливают защитные свойства органических катионов?
- 1) галоидные ионы;
 - 2) SO_4^{2-} ;
 - 3) OH^- ;
 - 4) NO_3^-
12. Почему в присутствии ингибиторов уменьшается порядок анодной реакции по OH^- -ионам?
- 1) из-за вытеснения ингибиторами адсорбированных OH^- -ионов;
 - 2) из-за взаимодействия ингибиторов с компонентами раствора;
 - 3) из-за адсорбции ингибиторов;
 - 4) из-за адсорбции анионов кислот.
13. Какое уравнение отражает только блокировочный эффект?
- 1) $Z = \theta$;
 - 2) $\Delta \psi_1 = K' \theta$;
 - 3) $\lg \gamma = K \theta$;
 - 4) $\lg \gamma = K' \Delta \psi_1$
14. К какому типу ингибиторов относится бутиндиол?
- 1) молекулярный;
 - 2) анионоактивный;
 - 3) катионоактивный;
 - 4) протонирующийся.
15. Почему органические катионы лучше адсорбируются на стали, чем на железе?
- 1) из-за содержания в стали серы;
 - 2) из-за содержания в стали углерода;
 - 3) из-за содержания в стали фосфора;
 - 4) из-за содержания в стали кремния.

Тема 6. Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование.

Тест

1. Какой заместитель характеризуется положительным знаком константы Гаммета?
- 1) COCH_3 ,
 - 2) OCH_3 ,
 - 3) NH_2 ;
 - 4) CH_3 ,

2. В случае органических ингибиторов с кратными связями, какими продуктами объясняется вторичное ингибирование?

- 1) продуктами полимеризации;
- 2) продуктами замещения;
- 3) продуктами присоединения;
- 4) исходными веществами.

3. С чем связано ингибирование коррозии стали в кислых средах большими добавками ПАВ ацетиленового ряда, по С.М. Решетникову?

- 1) с экранированием поверхности;
- 2) со снижением перенапряжения водорода;
- 3) с окислением поверхности металла;
- 4) с полимеризацией ингибитора.

4. Какой функциональный атом в молекуле органических ингибиторов наиболее эффективен?

- 1) Se;
- 2) O;
- 3) S;
- 4) N

5. Чем обусловлено увеличение ингибирующих свойств производных бензальдегида по отношению к Fe и Ni в кислых средах?

- 1) увеличением электронодонорных свойств заместителей;
- 2) уменьшением электронодонорных свойств заместителей;
- 3) уменьшением электроноакцепторных свойств заместителей;
- 4) увеличением электроноакцепторных свойств заместителей.

6. Почему при $C \text{ меньше } 10^{-5} \text{ М}$ акридиний хлорид ускоряет коррозию никеля и кадмия в 1 М HCl?

- 1) из-за каталитического эффекта;
- 2) из-за экранирующего эффекта;
- 3) из-за энергетического эффекта;
- 4) из-за полимеризационного эффекта.

7. Какие не вполне обоснованные допущения содержатся в представлениях о влиянии электронной структуры ингибиторов на ингибирование коррозии?

- 1) об экранирующем эффекте ингибиторов;
- 2) об энергетическом эффекте ингибиторов;
- 3) о Е_{Ме-Н} эффекте ингибиторов;
- 4) о кинетическом эффекте ингибиторов.

8. Как доказано участие водорода в восстановлении тройной связи при адсорбции ингибиторов ацетиленового ряда на поверхности железа в кислых растворах?

- 1) по большой разнице в скоростях растворения металла, определенных гравиметрическим методом и по объему выделившегося водорода;
- 2) качественной реакцией на двойную связь;
- 3) по отсутствию выделения газообразного водорода;
- 4) по количеству поглощенного кислорода данным раствором.

9. Что выражает уравнение Гамета?

- 1) влияние заместителя в органическом соединении на изменение константы скорости реакции этого соединения;
- 2) влияние потенциала;
- 3) влияние состояния поверхности адсорбента на скорость адсорбции органического соединения;
- 4) влияние состава раствора на адсорбцию органического соединения.

10. Какие доказательства получил Полинг в пользу вторичного ингибирования коррозии железа при наличии в растворах ацетиленовых соединений?

- 1) присутствие на поверхности полимерных пленок;

- 2) присутствие на поверхности железа ацетилена;
 - 3) присутствие на поверхности пропаргилового спирта;
 - 4) присутствие на поверхности оксидных образований.
11. Какие алифатические соединения лучше всего адсорбируются?
- 1) кислоты;
 - 2) амины;
 - 3) эфиры;
 - 4) спирты;
12. За счет чего возникает хемосорбция ацетиленовых соединений на поверхности металлов?
- 1) за счет разрыва одной из π – связей;
 - 2) за счет донорно-акцепторного взаимодействия;
 - 3) за счет электростатической связи;
 - 4) за счет взаимодействия с поверхностными оксидами.
13. К какому типу ингибиторов относятся амины?
- 1) протонирующийся;
 - 2) анионактивный;
 - 3) катионактивный;
 - 4) молекулярный.
14. Почему АФАК адсорбируется лучше ФАК?
- 1) из-за увеличения числа адсорбционных центров;
 - 2) из-за большей молярной массы;
 - 3) из-за гидратации;
 - 4) из-за гидролиза.
15. К какому типу ингибиторов относится ТМБАИ?
- 1) катионо-анионоактивный;
 - 2) катионактивный;
 - 3) анионактивный;
 - 4) молекулярный.

Тема 8. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.

Тест

1. Как определяется заряд поверхности металла в растворе?
 - 1) по разнице между потенциалом коррозии и потенциалом нулевого заряда;
 - 2) по величине потенциала коррозии;
 - 3) по величине потенциала нулевого заряда;
 - 4) по сумме потенциалов коррозии и потенциала нулевого заряда;
2. Что такое «резонансный потенциал», по Нечаеву?
 - 1) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий максимальной адсорбции на данном металле;
 - 2) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий минимальной адсорбции на данном металле;
 - 3) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий положительной адсорбции на данном металле;
 - 4) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий отрицательной адсорбции на данном металле.
3. Какие ПАВ, по мнению Григорьева и Экилика, нужно использовать в неводных средах в качестве ингибиторов?
 - 1) каталитические яды;
 - 2) с малой молярной массой;

3) с малыми геометрическими размерами;

4) слабо растворимые.

4. Чем определяется вклад химического растворения в общую скорость коррозии металла в растворах электролитов?

1) ионизацией металла за счет активных центров с высокой энергией адсорбции растворителя.

2) ионизацией металла за счет активных центров с малой энергией адсорбции растворителя;

3) ионизацией металла за счет активных центров со средней энергией адсорбции растворителя;

4) ионизацией металла за счет активных центров с малой и средней энергией адсорбции растворителя;

5. Какие ПАВ, по мнению Григорьева и Экилика, нужно использовать в неводных средах в качестве ингибиторов?

1) с большими геометрическими размерами;

2) с малой молярной массой;

3) с малыми геометрическими размерами;

4) слабо растворимые.

6. Когда на поверхности металла происходит электростатическая адсорбция анионов из раствора?

1) $\phi_{н.з.} < \phi_{кор}$;

2) $\phi_{н.з.} > \phi_{кор}$;

3) при $\phi_{кор} > 0$;

4) при $\phi_{кор} = 0$.

7. Как влияет природа растворителя на характер зависимости защитного эффекта ПАВ от его молярной массы?

1) в полярной протонной среде увеличивается с ростом молярной массы;

2) в полярной протонной среде уменьшается с ростом молярной массы;

3) в полярной протонной среде не зависит от молярной массы;

4) зависимость от молярной массы изменяется во времени.

8. Как влияет природа растворителя на характер зависимости защитного эффекта ПАВ от его молярной массы?

1) в неполярной апротонной среде уменьшается с ростом молярной массы;

2) в неполярной апротонной среде увеличивается с ростом молярной массы;

3) в неполярной апротонной среде не зависит от молярной массы;

4) зависимость от молярной массы изменяется во времени.

9. Как влияет окисление поверхности металла на адсорбцию органических соединений?

1) уменьшает;

2) увеличивает;

3) не влияет;

4) зависит от состава среды.

10. В чем сущность влияния воды на взаимодействие ПАВ с металлом, согласно японским коррозионистам?

1) в адсорбции воды на пов-ти металла;

2) во взаимодействии ПАВ с водой;

3) в диссоциации воды;

4) в гидратации ПАВ.

11. Каково мнение Григорьева и Экилика относительно синергизма катионных органических ПАВ и К₂ в спиртовых средах.

1) ниже, чем в водных средах;

2) выше, чем в водных средах;

3) одинаково с водными средами;

4) весьма эффективен.

12. Какие металлы можно назвать сольвофильными?

1) у которых $\Delta G_{\text{адс растворителя}} < 0$;

2) $\Delta G_{\text{адс растворителя}} = 0$;

3) $\Delta G_{\text{адс растворителя}} > 0$;

4) $\Delta G_{\text{адс растворителя}} = 10$

13. Почему при больших степенях заполнения поверхности ПАВ, определенных емкостными измерениями ($\theta_{\text{емк}}$), эффект ингибирования бывает незначительным?

1) т.к. $\theta_{\text{емк}}$ не идентична θ , ответственной за какой-то определенный эффект торможения;

2) из-за неправильного измерения $\theta_{\text{емк}}$;

3) из-за полимеризации ПАВ на пов-ти;

4) из-за взаимодействия ПАВ с компонентами раствора.

14. Для чего использовал В.П. Григорьев уравнение Гаммета?

1) для оценки ингибирующих свойств органических соединений;

2) для оценки состояния поверхности металла;

3) для оценки влияния природы растворителя на ингибирующее действие органических соединений;

4) для оценки заряда поверхности металла.

15. Каков критерий сольвофильности металлов с высокой энергией адсорбции растворителя?

1) деструкция адсорбированного растворителя;

2) недиссоциативная адсорбция растворителя;

3) диссоциативная адсорбция растворителя;

4) порядок по H^+ -ионам равен 0.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

Типовые вопросы экзамена (ПК-1, ПК-2)

1. Роль состояния молекул растворителя в процессах ионизации металлов.

2. Диссоциативная и недиссоциативная адсорбция молекул растворителя в процессах ионизации сольвофильных металлов.

3. Механизм ионизации сольвофобных металлов.

4. Области применения ингибиторов кислотной коррозии.

5. Пути воздействия ингибиторов на коррозионный процесс. Блокировочный и энергетический эффекты.

Типовые задания

1. На основе кинетической изотермы для экспоненциально-неоднородной поверхности и выражения для скорости процесса при наличии только блокировочного действия ингибитора вывести выражение, позволяющее получить прямолинейную графическую зависимость. Построить график.

2. При скорости коррозии железа в атмосфере $0,07 \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$ с учетом, что процесс идет с кислородной деполяризацией и с образованием $\text{Fe}(\text{OH})_3$, рассчитать количество кислорода, необходимое для протекания процесса.

3. Скорость коррозии алюминия летом в тропиках при средней температуре 30°C составляет $0,25 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Какова скорость коррозии осенью при средней температуре 20°C , если температурный коэффициент равен 0,5.

4. Скорость коррозии металла в неингибированном растворе равна $0,1 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Ингибитор вызывает торможение с $\gamma=20$. Чему равна скорость коррозии в ингибированном растворе?

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

Типовые тестовые задания

1. Какое из уравнений отражает действие только ψ_1 – эффекта в ингибиторной защите?

1) $\lg \gamma = K\theta$;

2) $\lg \gamma = \lg \theta$;

$$3) \lg \gamma = \lg C + K\theta;$$

$$4) \Delta \psi_1 = K'\theta$$

2. Что характеризует константа «а» в уравнении изотермы адсорбции Фрумкина?

1) **взаимодействие между адсорбированными частицами;**

2) константу адсорбционного равновесия;

3) энергетическую неоднородность поверхности;

4) тафелевский наклон поляризационных кривых.

3. К какому типу относится ингибитор триметилбензиламмонийиодид?

1) **катионо-анионоактивный;**

2) анионоактивный;

3) молекулярный;

4) протонирующийся.

4. За счет какого эффекта добавка галогенид-ионов к сернокислому раствору повышает перенапряжение водорода на Fe?

1) ψ_1 -эффект;

2) блокировка;

3) **изменение энергии связи Нада с Fe;**

4) кинетический эффект.

Типовые вопросы коллоквиумов

1. Диссоциативная адсорбция MP на поверхности металла. Порядок реакции по ионам водорода.

2. Вывод выражений для коэффициента торможения катодного процесса и скорости коррозии в целом при блокировочном и ψ_1 -эффектах.

3. Проблемы, связанные с определением степени заполнения поверхности ингибитором Θ на металле, корродирующем в ингибированной среде.

4. Анализ ряда изотерм адсорбции ПАВ на металлах.

5. Первичное и вторичное ингибирование

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-1	Демонстрирует знание механизма действия наиболее распространенных ингибиторов коррозии, взаимосвязи их строения и защитной эффективности. Предлагает методики для решения теоретических и практических задач по подбору ингибиторов коррозии для различных сред и расчету их защитного действия. Способен производить расчеты параметров электрохимической коррозии при помощи специализированного программного обеспечения. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано.
	ПК-2	Умеет применять основные положения теории ингибирования коррозии для решения практических и теоретических задач по защите металлов. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают затруднений. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком

«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-1	Демонстрирует знание механизма действия наиболее распространенных ингибиторов коррозии, взаимосвязи их строения и защитной эффективности. Умеет применять готовые методики для решения теоретических и практических задач по подбору ингибиторов коррозии для различных сред и расчету их защитного действия. Способен производить расчеты параметров электрохимической коррозии при помощи специализированного программного обеспечения Ответ построен логично, материал хорошим языком, аргументировано.
	ПК-2	Умеет анализировать готовые методики, предлагаемые для решения практических и теоретических задач по защите металлов и выбирать наиболее эффективную в данных условиях. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают значительных затруднений Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ПК-1	Демонстрирует знание механизма действия отдельных ингибиторов коррозии и методов определения их защитной эффективности. Неуверенно перечисляет факторы, учитываемые при подборе ингибиторов коррозии для различных сред и расчету их защитного действия. Способен производить расчеты параметров электрохимической коррозии при помощи специализированного программного обеспечения Ответ не всегда логично выстроен, материал излагается без применения научной терминологии.
	ПК-2	Неуверенно выбирает готовые методики, предлагаемые для решения практических и теоретических задач по защите металлов Вопросы, задаваемые преподавателем, вызывают затруднения Ответ не всегда логично выстроен, материал излагается без применения научной терминологии.
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-1	Показывает слабый уровень профессиональных знаний, не может ответить на вопрос. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Не способен производить расчеты параметров электрохимической коррозии при помощи специализированного программного обеспечения. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом.
	ПК-2	Не ориентируется в основных теоретических концепциях, лежащих в основе ингибирования коррозии металлов, в результате чего не способен решать практические задачи дисциплины. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом

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. Ингибиторы коррозии металлов : учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. - Изд. 2-е, перераб. и доп.. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2010. - 269 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.
4. 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.

6.2 Дополнительная литература:

1. 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.
2. 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.
3. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых спиртовых и водно-спиртовых средах : [монография]. - М.: Радиотехника, 2009. - 327 с.

4. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Прохоренков В.Д., Остриков В.В. Научные основы и практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья : монография. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2012. - 325 с.
5. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия : Учебник. - М.: Химия, 2001. - 623 с.
6. Пустов, Ю. А., Кошкин, Б. В., Кутырев, А. Е. Коррозия и защита металлов в водных средах : практикум. - 2021-03-01; Коррозия и защита металлов в водных средах. - Москва: Издательский Дом МИСиС, 2005. - 102 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/56075.html>

6.3 Иные источники:

1. Интернет-энциклопедии - <http://www.rubicon.com/>

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/elektronnyj-katalog>

Электронная информационно-образовательная среда

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.