

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института:



Е. В. Скрипников:

«21» января 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.8 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: 2020

**Автор программы:**

Кандидат химических наук, Урядникова Марина Николаевна

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

Рабочая программа принята на заседании Кафедры химии «11» января 2021 г. Протокол № 4

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института естествознания, Протокол от «21» ян

## СОДЕРЖАНИЕ

|                            |             |                |             |
|----------------------------|-------------|----------------|-------------|
| 1. Цели                    | и           | задачи         |             |
| дисциплины.....            |             |                | 4           |
| 2. Место                   | дисциплины  | в              | структуре   |
| бакалавра.....             |             |                | ОП          |
|                            |             |                | 5           |
| 3. Объем                   | и           | содержание     |             |
| дисциплины.....            |             |                | 5           |
| 4. Контроль                | знаний      | обучающихся    | и           |
| средства.....              |             |                | и           |
|                            |             |                | типовые     |
|                            |             |                | оценочные   |
|                            |             |                | 18          |
| 5. Методические            | указания    | для            | обучающихся |
| (модуля).....              |             |                | по          |
|                            |             |                | освоению    |
|                            |             |                | дисциплины  |
|                            |             |                | 32          |
| 6. Учебно-методическое     | и           | информационное | обеспечение |
| дисциплины.....            |             |                |             |
|                            |             |                | 33          |
| 7. Материально-техническое | обеспечение | дисциплины,    | программное |
| профессиональные           | базы        | данных         | и           |
| информационные             | справочные  | системы.....   |             |
|                            |             |                | 34          |

## 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 подв

### 1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоени

- организационно-управленческий
- технологический

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности химико-технологическое производство (в сфере оптимизации существующих и разработки новых получения и анализа продукции, в сфере контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой прод сертификации продукции), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленнос опытно-конструкторских разработок и внедрения химической продукции различного назначения, в 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   |
|---|---|---|
| - С/04.6 Руководство работами по электрохимической защите внутренней поверхности металлических конструкций          | ПК-1 Способен выполнять работы по защите внутренней поверхности металлоконструкций от коррозии                              | Способность использовать современные методики электрохимической защиты                                      |
| - С/02.6 Руководство работами по электрохимической защите морских металлических конструкций                         | ПК-2 Способен осуществлять руководство работами по электрохимической защите подземных и подводных металлических конструкций | Способен использовать современные представления теории коррозии металлов для организации защиты от коррозии |

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

ПК-1 Способен выполнять работы по защите внутренней поверхности металлоконстр

| № п/п | Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи | Форма обучения  |   |   |
|-------|--|-----------------|---|---|
|       |  | Очная (семестр) |   |   |
|       |  | 6               | 7 | 8 |

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Адаптационная дисциплина для инвалидов и лиц с ОВЗ<br>"Социальная экология" |   |   | + |
| 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 металлических конструкций

| № п/п | Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи                | Форма обучения  |   |   |
|-------|---|-----------------|---|---|
|       |   | Очная (семестр) |   |   |
|       |   | 6               | 7 | 8 |
| 1     | Адаптационная дисциплина для инвалидов и лиц с ОВЗ<br>"Социальная экология" |                 |   | + |
| 2     | Коррозия металлов с водородной деполяризацией                               |                 |   | + |
| 3     | Смачивание и адсорбция  |                 |   | + |
| 4     | Теория коррозии металлов  |                 | + | + |
| 5     | Технологическая практика  | +               |   |   |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Ингибиторы коррозии металлов» относится к части, формируемой участниками образовательного процесса по направлению подготовки 04.03.01 - Химия.

Дисциплина «Ингибиторы коррозии металлов» изучается в 8 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 4 з.е.

Очная: 4 з.е.

| Вид учебной работы                   | Очная<br>(всего часов) |
|--------------------------------------|------------------------|
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины</b> | <b>144</b>             |
| Контактная работа                    | 92                     |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Лекции (Лекции)             | 56 |
| Лабораторные (Лаб. раб.)    | 36 |
| Самостоятельная работа (СР) | 16 |
| Экзамен                     | 36 |

### 3.2.Содержание курса:

| №<br>темы | Название раздела/темы   | Вид учебной<br>работы, час. |              |    | Формы текущего ко                 |
|-----------|---|-----------------------------|--------------|----|-----------------------------------|
|           |   | Лек<br>ии                   | Лаб.<br>раб. | СР |                                   |
|           |   | О                           | О            | О  |                                   |
| 8 семестр |   |                             |              |    |                                   |
| 1         | Ингибиторы кислот<br>коррозии.  | 6                           | 10           | 2  | Тестирование;<br>лабораторная раб |
| 2         | Ингибирование катод<br>выделения водорода<br>железе в кислых<br>сульфатных и хлори<br>средах.                     | 6                           | 10           | 4  | Опрос; Лаборатор<br>работа        |
| 3         | Ингибирование анод<br>растворения железа<br>кислых сульфатных<br>хлоридных раствора                               | 12                          | 10           | 2  | коллоквиум;<br>Лабораторная раб   |
| 4         | Влияние структуры<br>органических соеди<br>на ингибирующие<br>свойства. Первично<br>«вторичное»<br>ингибирование. | 6                           | -            | 2  | Тестирование; Оп                  |
| 5         | Резонансные»<br>потенциалы как фак<br>целенаправленного<br>подбора ингибиторо<br>коррозии металлов.               | 4                           | -            | 2  | Опрос                             |
| 6         | Влияние природы<br>растворителя на<br>ингибиторное дейст<br>ПАВ.  | 14                          | -            | 2  | Тестирование; Оп                  |
| 7         | Ингибиторы атмосф<br>коррозии.<br>Консервационные<br>материалы.   | 8                           | 6            | 2  | коллоквиум;<br>лабораторная раб   |

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

#### Лекция.

Области применения ингибиторов кислотной коррозии. Пути воздействия ингибиторов на коррозионно-энергетический эффект. Адсорбция ПАВ на металлах в кислых средах, приведенная шкала потенциала степени заполнения поверхности металла ингибитором с помощью импедансных измерений. Изотермическая идентификация.

#### 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 ра
- Б) Получение поляризационных кривых на стали.
- В) Проведение расчетов  $K$ ,  $Z$  и  $\gamma$ .
- Г) Сопоставление скоростей коррозии, полученных разными методами
- Д) Определение типа ингибитора по значениям стационарного потенциала металла в неингибированн
- 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 д (гексаметилентетрамина), во второй - 0,1 г уротропина и 0,1 г  $KI$ , а третий стакан оставляют для подвешенные на полихлорвиниловой жилке образцы стали Ст3 (по 3 в каждый стакан), предварите блеска наждачной бумагой, протерты ватой, смоченной ацетоном, и взвешенные на аналитическ погружения в растворы образцы извлекают, тщательно промывают водой, сушат фильтровальной ( 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 Рс отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и сс 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. Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных средах. (ПК-1)**

### **Лекция.**

Влияние галогенидов на катодное выделение водорода на железе в кислых сульфатных растворах. Ин водорода на железе в кислых хлоридных средах. Кинетика адсорбции ПАВ при ингибировании катод, синергизма.

### **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 пр
  - Б) Проведение расчетов
  - В) Защита и оформление отчета

*Оборудование и реактивы: двухкамерная ячейка Деванатхана, стальные мембраны, термостат, концентрированный раствор HCl или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, потенциостат, титрованный 0,01 н. раствор KMnO<sub>4</sub>, 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 п  
а) В поляризационную часть ячейки Деванатхана (рис. 1) вводится 35 мл 1н водного раствора HCl, а в раствора KMnO<sub>4</sub>. Через 2 часа раствор перманганата сливается и проводится его титрование титрова кислоты. Предварительно должно быть проведено титрование исходного раствора перманганата (до е Количество вещества прореагировавшего KMnO<sub>4</sub> равно:

*V<sub>яч</sub> – исходный объем раствора KMnO<sub>4</sub> в ячейке, мл.*

*C – эквивалентная концентрация KMnO<sub>4</sub> ( $\mathcal{E}(KMnO_4) = 1/5 M(KMnO_4)$ )*

Количество вещества атомарного водорода, вступившего во взаимодействие с перманганатом как зависимости:

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

$$A/m^2$$

где  $M\mathcal{E}(H)$  - молярная масса химического эквивалента водорода,  $\tau$  - продолжительность опыта в часах Расход перманганата калия на пассивацию поверхности мембраны определяют в холостых опытах части ячейки. Это количество перманганата вычитается из исходной  $C(KMnO_4)$ , т.е.  $\Delta C(KMnO_4)$  концентрация KMnO<sub>4</sub> после опыта,  $C_{хол}$  - в холостом опыте.

Для оценки величины ингибирующего или стимулирующего действия добавок в рабочие растворы ил 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 поляризации электрода соответственно. Если  $i < i_0$ , наблюдается торможение, при  $i > i_0$  - стимулирование

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в России отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими 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. Далее все, как в п. а опыта 1

г) Эксперимент тот же, что в пункте в, только рабочий раствор содержит другую концентрацию ингибитора в той же концентрации, что в пункте в. Полученные результаты представить в виде таблиц предыдущих опытов 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

## **Тема 3. Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных растворах (ПК-1)**

### **Лекция.**

Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных растворах. Использование и механизма анодного растворения железа в ингибированных растворах по трехстадийным схемам с тремя



Влияние галогенидов на анодное растворение железа в кислых сульфатных средах.

Потенциал нулевого заряда и эффективность ингибиторов.

### Лабораторные работы.

1. Использование импедансной спектроскопии для изучения процесса ингибирования коррозии метал

Цель: овладение методом импедансной спектроскопии для оценки защитной эффективности ингибито

А) Определение степени заполнения  $\Theta$  ингибитором поверхности металла в растворе электролита им

Б) Определение влияния концентрации ингибитора на катодный и анодный процессы при коррозии в :

В) Проведение расчетов

Г) Защита и оформление отчета

Опыт 1. Определение степени заполнения  $\Theta$  ингибитором поверхности металла в растворе электролит

*Оборудование и реактивы: электролитическая ячейка, рабочий электрод из стали или другого метал  
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, с

### Порядок работы.

Включить компьютер.

Включить прибор Solartron 1287 и Solartron 1255.

Собрать ячейку. Подключить к ней провода по трехэлектродной схеме: провода Re2 и We соеди  
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 квадрат  
Correction выбрать тип электрода сравнения, в нашем случае – хлоридсеребряный. Остальное остае  
Cell.

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

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

При измерении импеданса при поляризации в графе DC Potential (Volts) задать относительное значени

mV, задать значение -0,05 в случае катодной поляризации и 0,05 в случае анодной ) и далее vs. Open C

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

После погружения электрода в раствор необходимо перед измерением импеданса подождать не ме  
потенциала коррозии.

Запустить измерение импеданса кнопкой Measure Sweep. Далее путем нажатия клавиши Toggle Zvis  
происходит построение графиков. Кнопкой Auto Scale All Graphs производится масштабир  
автомасштабирования отключена. После завершения эксперимента сохранить полученные данные  
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 определенн

$\Theta = 1$  соответственно, необходимо рассчитать эти величины емкости двойного слоя.. Для этого исп  
емкости электрода  $C = 1/Z''\omega$ , где  $\omega = 2\pi\gamma$ , а  $\gamma$  – частота переменного тока.

Используя годографы, соответствующие фоновому раствору и растворам с различными концентраци  
частоты найти соответствующее значение  $Z''$  и провести расчеты  $C_0$  и  $C$  для всех концентраций и  
( $\omega^{-1/2}$ ), экстраполяция которого до пересечения с осью ординат при  $\omega^{-1/2} = 0$  отсекает значение емкос  
построить график в координатах

$Cd = f(1/\sin\gamma)$ , проэкстраполировать полученную зависимость до пересечения с осью ординат, пр  
Отрезок, отсеченный на этой оси, равен  $C_1$ . Далее рассчитать величину  $\Theta$  и построить график в кос  
представить в виде таблиц и графиков. Сделать выводы.

Опыт 2. Определение влияния концентрации ингибитора на катодный и анодный процессы при корро:

Работа выполняется на импедансметре 1255 Solartron в комплекте с потенциостатом 1287 Solartron, с Порядком работы см. в опыте 1.

Проводится измерение импеданса при потенциале коррозии исследуемого металла в фоновом рас различные концентрации ингибитора.

Получив экспериментальные годографы, подобрать подходящую эквивалентную схему, которая по элементов схемы и при этом рассчитанные по программе годографы удовлетворительно совпадают с значения всех элементов схемы представить в виде таблицы. Привести изображения годографов для одном графике экспериментальные кривые с рассчитанными по программе в соответствии с испо Сделать выводы о влиянии ингибитора и его концентрации на сопротивление переноса заряда в катод, двойного слоя и величины других элементов эквивалентной схемы.

Получить поляризационные кривые в фоновом и ингибированном (с разными концентрациями ингиби Запустить программу CorrWare. Нажать кнопку New. Далее выбрать Experiments-Insert New Exper записать значение, на которое необходимо поляризовать в катодную область со знаком минус. В F анодной поляризации. В обоих случаях выбираем в следующей графе vs. Open Circuit. В поле Scan Rate т.е. на сколько изменится потенциал за 1 секунду (приблизительно это значение должно б потенциостатическим измерениям при выдержке при каждом потенциале 30 секунд). Остальное оста В графе Data Acquisition выбираем Method Fixed Rate, Points/Sec записать нужное количество точек в В графе Axes Type выбрать тип зависимости, которую нам надо получить. В данном случае это E vs. I. Нажать Ok.

Для запуска измерений нажать на кнопку Measure Selected. Программа автоматически перейдет к окну После построения ПК ячейка автоматически отключится.

Совместить на одном графике поляризационные кривые в фоновом и ингибированном растворах. Проанализировать 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 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 поляризационных кривых. Оценить влияние ингибитора на емкость двойного слоя и величины элементов схемы.
5. Если сопротивление переноса заряда в анодной реакции R1 увеличивается в присутствии ингибитора, рассчитать его защитное действие по уравнению:

Эти результаты сопоставить с данными расчета z по величинам скорости электрохимической коррозии экстраполяции тафелевских участков анодных поляризационных кривых на потенциал коррозии (при

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

6. Сделать выводы по результатам работы.

## 2. Оценка вкладов формирующейся пленки продуктов коррозии на поверхности металла и ингибитора:

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:* коррозиометр, работающий на основе поляризационного сопротивления, с использованием двух- или трехэлектродной системы, 3%-ый раствор NaCl, Na<sub>2</sub>S, ацетон[2], раствор HCl (0,1 н.)

1. В измеренное количество раствора NaCl ввести рассчитанные количества Na<sub>2</sub>S и раствора H<sub>2</sub>S образующегося H<sub>2</sub>S составила 100 мг/л.
2. В приготовленный раствор в ячейке погрузить электроды коррозиометра, предварительно зачищенные шлифовальном станке и обезжиренные, и начать фиксировать скорость коррозии в заданные моменты в момент погружения, 5, 10, 30, 60 и 120 мин.

3. В аналогичный раствор вводится заданное количество ингибитора в таком количестве, чтобы его Измерения повторяются с вновь подготовленными к работе электродами коррозиметра.
4. На один и тот же график нанести зависимость «скорость коррозии К- продолжительность экспе полученным в неингибированном и ингибированном растворах.
5. Рассчитать защитный эффект формирующейся поверхностной пленки продуктов коррозии в задан эксперимента по методике, описанной в теоретической части.
6. Далее рассчитывается защитный эффект ингибитора в ингибированном растворе в те же промежут
7. Суммируя данные защитного действия пленки и ингибитора, получаем суммарный защитный эффе.

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

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

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

- . Приведенная шкалы потенциалов Антропова
2. Анализа трехстадийных механизмов анодного растворения железа с третьей лимитирующей стад анодного растворения железа по ионам водорода, галоидным ионам, гидроксид ионов и определе наклоне линейных участков анодных поляризационных кривых.

### **Тема 4. Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование. (ПК-2)**

#### **Лекция.**

Связь защитных свойств ингибиторов с электронной плотностью на атоме, являющемся основнь защитных свойств ингибитора с константами Гаммета и Тафта. Первичное» и «вторичное» ингиб стимулированием коррозии одними и теми же ПАВ.

#### **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 Экили
4. «Первичное» и «вторичное» ингибирование
5. Примеры ингибирования и стимулирования коррозии одними и теми же ПАВ.

### **Тема 5. Резонансные» потенциалы как фактор целенаправленного подбора ингибиторов коррозии металлов. (ПК-2)**

#### **Лекция.**

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

#### **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 вел потенциалов ионизации органических соединений.
3. Использование потенциалов ионизации для подбора ингибиторов.

## **Тема 6. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ. (ПК-2)**

### **Лекция.**

Механизм коррозии металлов в неводных средах. Роль состояния молекул растворителя в двойном механизме ионизации металлов. Диссоциативная и недиссоциативная адсорбция молекул растворяемых металлов. Механизм ионизации сольвофобных металлов. Работы В.П. Григорьев, Вигдоровича с сотрудниками. Химическое растворение металлов в неводных средах.

### **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 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
5. Причины снижения ингибиторного действия известных ингибиторов водных сред в неводных средах
6. Почему каталитические яды, ингибирующие коррозию железа в спиртовых средах, не желательны
7. Условия адсорбции растворителя и ингибитора с точки зрения конкурентной адсорбции, по В.И. Вигдоровичу
8. Дифференцирование электрохимического и химического механизмов растворения железа в кислых средах

## **Тема 7. Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы. (ПК-1)**

### **Лекция.**

Конденсация влаги на поверхности металла. Влияние состава атмосферы и климатических условий на факторы атмосферной коррозии. Защита ингибиторами и ингибированными полимерными пленками металлов. Ингибиторы атмосферной коррозии для черных и цветных металлов.

Классификация консервационных материалов для защиты от атмосферной коррозии. Новая технология малокомпонентных консервационных материалов. Кинетика электродных процессов на металле и покрытиях. Эффект последействия. Методы коррозионных испытаний и методика прогнозирования 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 летучих ингибиторов
- Б) Проведение расчетов
- В) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: три эксикатора с крышками и фарфоровыми вставками (пластинками) прямоугольной формы, шесть образцов из меди или ее сплавов, наждачная бумага, фильтровальная бумага,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (кристаллические), карбонат моноэтаноламина (готовится пропусканием  $\text{CO}_2$  через воду выше  $40^\circ\text{C}$  до полного насыщения).

Для ускорения испытания в эксикаторы с притертой крышкой наливают через воронку с длинной трубкой раствор. С). 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, пропитать фильтровальную бумагу, после чего ее высушить
2. Пластины из меди и углеродистой стали обработать наждачной бумагой до блестящей гладкой поверхности, смоченной ацетоном.

- 3 3. В первый эксикатор подвесить по две пластинки из стали и меди и налить горячей воды на дно контрольный опыт. Во 2-ой эксикатор на дно фарфоровой вставки положить обернутые в изготое также по две пластинки из меди и стали и затем, как и в первый, налить на дно горячую воду. В 1 вставку поставить часовое стекло и насыпать по 2-3 г. нитрита натрия  $\text{NaNO}_2$  и карбоната аммон после чего подвесить по две медные и стальные пластинки, налить на дно горячую воду.

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

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

Цель работы: Ознакомиться с использованием для защиты от атмосферной коррозии покрытий 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 %). М отработанное ММО.

Б) Проведение расчетов

В) Защита и оформление отчета

Оборудование и реактивы: образцы металла (сталь Ст3 и др.), наждачная бумага, фильтровальная б, масло, отработанное моторное масло, кубовые остатки синтетических жирных кислот (КО СЖК), сме сушильный шкаф или воздушный термостат, термовлагокамера.

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

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

3. 9 образцов и приготовленные масляные композиции выдержать в воздушном термостате при  $50^\circ\text{C}$  нанести на образцы масляную пленку путем погружения их в приготовленные масляные композиции и последующим подвешиванием в этом же термостате при этой же температуре и выдержкой до прекра поверхности. Затем охладить их до комнатной температуры

4. Далее 3 образца без масляной пленки и 9 образцов, покрытые пленками масляных композиций ра %-ый раствор хлорида натрия, объем которого для каждого образца берется из расчета 10 мл на  $1\text{ см}^2$  коррозионной среде на 7 суток (или до следующего занятия).

1 5. Через определенное время  $\tau$  (7 суток или больше) вынуть образцы из коррозионной среды, п обработать раствором для снятия продуктов коррозии, промыть водой, водопроводной и дистилл 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 защитно по формуле:  $Z = \frac{K_0 - K}{K_0}$ , где  $K_0$  и  $K$  - скорости коррозии соответственно незащищенных и защищенных м Результаты свести в таблицу.

7. Аналогично пп.2 - 4 подготовить такое же количество образцов и подвесить их в термовлагокамере занятия, после чего извлечь их оттуда и обработать по п.5. Рассчитать скорости коррозии и защитное , согласно п.6,

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

3. Электрохимическая оценка эффективности защитных неметаллических покрытий на масляной осн Цель работы: овладеть методикой электрохимической оценки эффективности защитных неметалличес

### План работы:

- А) Сравнение поляризационных характеристик стали Ст3 в 0,5 М растворе хлорида натрия с незащищенной 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 последствия на поляризационные характеристики.
- 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, электролитная бумага, ацетон[1], стеклянная палочка, аналитические весы, индустриальное масло И-20А, трансформатор, синтетических жирных кислот (КО СЖК), смесь СЖК, индивидуальные жирные кислоты или их соли натрия, хлорсеребряный электрод сравнения Pt электрод, делительная воронка с рубашкой, термостат,

Для электрохимических измерений используется электрод из стали Ст.3, армированный в эпокси-полиэтиленполиамином, с горизонтально расположенной рабочей поверхностью (рис. 1), обработанной номерами, обезжиренный ацетоном. На рабочую поверхность наносят каплю масляной композиции, с помощью палочки, которая была предварительно взвешена сухая, а затем окунутая в масло. После растирания палочка снова взвешивается и по разнице веса до нанесения масляной пленки на поверхность электрода массу масляной композиции, нанесенной на поверхность. Разделив эту массу на плотность масляной композиции (в конкретном случае определяется ареометром) и зная площадь  $S$  поверхности электрода, легко определить по формуле:

$$\text{см}$$

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

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

1. Снять поляризационные кривые на незащищенном масляной пленкой электроде из Ст3. Для этого шлифуется, обезжиривается ацетоном, после чего электрод погружается в электрохимическую ячейку соответствующей клемме потенциостата (хлорсеребряный электрод сравнения и Pt электрод также по соответствию), который включается в сеть за полчаса до начала работы указанным в инструкции способом (см. работу № 8). Затем в электролитическую ячейку заливается 0,5 М раствор NaCl в таком объеме, чтобы выше поверхности электрода. Затем подвести капилляр Луггина на расстояние примерно 0,5 мм от его рабочего раствором.
2. Фиксируется потенциал рабочего электрода в отсутствие тока (ячейка отключена). Затем задается отрицательное начальное, включается ячейка и записывается катодный ток. Далее потенциал электрода смещают в положительную сторону и регистрируют соответствующие значения тока. При переходе меняется полярность. Измерения заканчивают после того, как накладываемый на электрод потенциал становится более положительной, чем Ест. Результаты измерений записать в таблицу, аналогичную таблице 16 в приложении к пособию по поляризации, дождаться установления стационарного потенциала и вновь повторить снятие поляризационной кривой в анодную область. В случае большого расхождения с результатами первого измерения заменить раст. поляризационную кривую аналогичным способом. Раствор слить в стакан, так как он будет использован для фильтровальной бумаги.
3. Далее рабочий электрод вновь отшлифовать и обезжирить ацетоном, после чего нанести каплю масла с ПАВ, указанным выше способом. Выдержать электрод на воздухе 15 минут. После этого поместить электрод в раствор электролита и затем пипеткой на 50 мл осторожно по стенке ячейки залить рабочий раствор, использованный в предыдущем опыте. Раствора электролита должен быть на 1,0 - 1,5 см выше верхнего слоя пленки на электроде. Заполнить капилляром Луггина раствором электролита и снять поляризационные кривые, как описано в п.2. Результаты 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 (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 композиции на скорости катодного и анодного процессов на стали Ст3 в растворе электролита при постоянном потенциале в катодной и анодной областях и определить по графику токи, соответствующие с поляризационными кривыми в анодной и катодной областях. Результаты представить в таблице типа

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

[1] Использование ацетона, относящегося к таблице III списка IV прекурсоров, оборот которых в России, в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствует 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 и этой целью в делительную воронку с рубашкой заливают 50 мл защитной масляной композиции и тщательно перемешивают при заданной температуре стеклянной мешалкой в течение 30 минут. Затем мешалку делительной воронки выдерживают для разделения в течение 1 часа. После отстаивания сливают нижний слой хлорид натрия до концентрации 0,5 М.

2. Залить полученный раствор в электролитическую ячейку, поместить в нее электроды (рабочий и для снятия 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 с 2 для незащищенной поверхности стали, сравнить в условиях постоянства потенциала катодные и анодные кривые 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 импеданса.

План работы:

А) Сопоставление годографов импеданса и параметров эквивалентной схемы для чистого металла и металла с покрытием.

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 (ММО)), ингибитор для введения в масло (по указанию преподавателя), цинковый порошок, графитовый электрод сравнения, вспомогательный платиновый электрод, измерительная аппаратура фирмы Solartron. Работа выполняется на импедансметре 1255 Solartron в комплекте с потенциостатом 1287 Solartron, с помощью которого снимаются поляризационные кривые.

1. Снять спектр импеданса для электродов без покрытия, с покрытием масляной пленкой без наполнителя и с наполнителем. Для этого провести измерение импеданса исследуемого металла при помощи электролита.

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

3. Привести экспериментально полученные диаграммы Найквиста для электрода без покрытия, с покрытием пленкой масляной композиции с наполнителем. Проверить применимость приведенных в литературе схем. При удовлетворительном совпадении экспериментальных годографов и рассчитанных по известным параметрам схем со значениями всех элементов схем и сделать выводы о влиянии масляной пленки и наполнителя на поведение стали. Если используемые эквивалентные схемы недостаточно хорошо описывают экспериментально изученные системы, попытайтесь их модифицировать и привести соответствующие новым схемам величины параметров.

4. Привести графики поляризационных кривых, полученных в исследуемом растворе на электроде без покрытия и с покрытием масляной композицией с наполнителем. Оценить влияние 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 России в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации, регламентируется действующим законодательством и соответствующими 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 полифункциональных

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

##### 4.1. Распределение баллов:

##### 8 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 50 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 5 баллов каждый
- премиальные баллы – 10 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

##### Распределение баллов по заданиям:

| № темы | Название темы / вид учебной работы   | Формы текущего контроля / срезы | Макс. кол-во баллов | Методика проведения занятия и оценки  |
|--------|--|---------------------------------|---------------------|---|
| 1.     | Ингибиторы кислотной коррозии.   | Тестирование                    | 4                   | Решение теста из 15 вопросов. 90 – 100% правильных ответов – 4 балла, 70 – 89 % - 3 балла 50 – 69 % - 2 балла 30 – 49 % - 1 балл менее 30% - 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)ой презентации – 1 балл  |
| 2.     | 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.<br>Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл.<br>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)   |



|    |   |                              |    |   |
|----|---|------------------------------|----|---|
| 3. | 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 – 5 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 – 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<br/>- 1 балл<br/>менее 50% - 0 баллов</p> |
|    |   | Лабораторная работа          | 10 | Выполнение лабораторной работы – 1 балл; оформление результатов в тетради – 1 балл, защита лабораторной работы – 1 балл   |
| 4. | Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и «вторичное» ингибирование. | Тестирование                 | 4  | <p>Решение теста из 15 вопросов.</p> <p>90 – 100% правильных ответов – 4 балла,<br/>70 – 89 % - 3 балла<br/>50 – 69 % - 2 балла<br/>30 – 49 % - 1 балл<br/>менее 30% - 0 баллов</p>   |
|    |   | 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>  |
| 5. | 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>  |
| 6. | Влияние природы растворителя на ингибиторное действие   | Тестирование                 | 4  | <p>Решение теста из 15 вопросов.</p> <p>90 – 100% правильных ответов – 4 балла,<br/>70 – 89 % - 3 балла<br/>50 – 69 % - 2 балла<br/>30 – 49 % - 1 балл<br/>менее 30% - 0 баллов</p>   |

|     |  |                              |     |  |
|-----|--|------------------------------|-----|--|
|     | ПАВ.   | Опрос                        | 2   | Активное участие в обсуждении пройденного материала, верные ответы на вопросы – 2 балла.<br>Активное участие в обсуждении пройденного материала, но в ответе присутствуют некоторые ошибки – 1 балл.<br>Нежелание участвовать в обсуждении пройденного материала – 0 баллов  |
| 7.  | Ингибиторы атмосферной коррозии. Консервационные материалы.                              | коллоквиум(контрольный срез) | 5   | 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 – 5 баллов<br>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<br>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<br>Студент показывает слабый уровень профессиональных знаний. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом – 0 – 1 балл<br>- 1 балл<br>менее 50% - 0 баллов |
|     |  | 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  |
| 8.  | Посещаемость   |                              | 10  | 10 баллов – студент посетил все 100% занятий   |
| 9.  | Премияльные баллы  |                              | 10  | Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены за выполнение творческих заданий на выбор:<br>1. Создание обучающего ролика по тематике дисциплины<br>2. Разработка online-тренажера по тематике дисциплины  |
| 10. | Ответ на экзамене  |                              | 30  | 10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно»<br>18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо»,<br>25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».  |
| 11. | Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы на экзамене |                              | 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 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 3. Ингибирование анодного растворения железа в кислых сульфатных и хлоридных средах

##### Вопросы к коллоквиуму

1. Показатели, характеризующие эффективность ингибиторов.
2. Ингибиторные эффекты. Выражений коэффициента торможения катодного процесса и скорости  $i$  блокировочном и  $\psi_1$ -эффектах.
3. Расчет  $\Delta\psi_1$  по  $\Delta\phi_{кор}$  по Антропову. Использование  $\Delta\psi_1$  для ртути для расчета  $\gamma$  других металлов подхода.
4. Импедансная спектроскопия. Определение степени заполнения поверхности ингибитором  $\Theta$  на м ингибированной среде.
5. Анализ изотерм адсорбции ПАВ на металлах. Критерии, используемые для определения типа изотерм.
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 соответствующие кинетические изотермы, сочетание с блокировочным и энергетическим действиями позволяющих графическую проверку, графики).
9. Механизмы анодного растворения железа (механизм Фрумкина, Хойслера, Бокриса, Колотыркинские механизмы). Вывод кинетических уравнений.
10. Ингибирование анодного растворения железа:
  - А) в кислых сульфатных средах;
  - Б) в кислых хлоридных растворах.

#### Тема 7. 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 климатических условий на коррозию металлов. Внешние факторы атмосферной коррозии.
8. Защита от атмосферной коррозии ингибиторами (черных и цветных металлов), ингибированными масляными покрытиями.
9. Ингибирование коррозии в нейтральных средах. Пассивация металлов ингибиторами-окислителями.
10. Ингибирование коррозии в нейтральных средах. Пассивация металлов в присутствии ингибиторов труднорастворимые соединения

11. Ингибирование коррозии посредством замедления катодной реакции. Закономерности развития 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 2. Ингибирование катодного выделения водорода на железе в кислых сульфатных и хлоридных растворах.

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 3. 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.
4. Как изменяется емкость двойного слоя при адсорбции ингибитора.
5. О чем говорит рост сопротивления переносу заряда анодной реакции при введении ингибитора?
6. Когда можно использовать сопротивление переносу заряда анодной реакции для расчета защитного тока?
7. С чем связано снижение скорости коррозии стали во времени в сероводородных и углекислотных растворах?
8. В чем сущность метода разделения вкладов ингибитора и пленки продуктов коррозии в защитный ток?
9. Покажите схематически возможность разделения этих вкладов.

#### Тема 7. 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. 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 в сульфатных и хлоридных средах?
6. Как влияет добавка галогенид-ионов в кислые сульфатные среды на катодное выделение водорода?
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 кинетическому уравнению?

## Тема 4. 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.
2. Мера электронной плотности на функциональном атоме. Использование уравнения Гаммета в исследованиях.
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 стимулирующего действия.
6. Блокировочный, энергетический и Е<sub>ме-Н</sub> эффекты, с точки зрения одновременного действия.

## Тема 5. Резонансные потенциалы как фактор целенаправленного подбора ингибиторов коррозии

1. Что такое резонансный потенциал?
2. Почему бензофенон и фурфурол адсорбируются на цинке практически одинаково, несмотря на разную структуру?
3. Чем объясняется наличие нескольких максимумов на кривой зависимости адсорбции от потенциала?
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?
5. При каких условиях электронное строение органических молекул в меньшей степени влияет на адсорбцию?
6. Как Е.А. Нечаевым осуществлялся целенаправленный подбор ингибиторов для железа?

## Тема 6. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.

1. Какова роль состояния молекул растворителя в двойном электрическом слое в кинетике и механизм ингибирования?
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 потенциал?
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 протонных средах?

- 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 перенапряжен
- 1)  $\psi_1$ -эффект;
  - 2) блокировка;
  - 3) изменение энергии связи  $\text{Надс}$  с  $\text{Fe}$ ;
  - 4) кинетический эффект.
4. Какие эффекты ингибиторов, по Антропову, вызывают наибольшее торможение коррозионного про
- 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 дей
- 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  $\text{ОН}^-$  на поверхности железа в 3-х стадийном механизме ан
- 1) в первой стадии адсорбируется  $\text{ОН}^-$  и ингибитор;
  - 2) в 1 стадии адс-ся ингибитор;
  - 3) во второй стадии адс-ся ингибитор;
  - 4) во второй стадии адсорбируется  $\text{ОН}^-$  и ингибитор;
9. Почему увеличение размера молекул ингибиторов вследствие введения крупных заместителей усил
- 1) из-за увеличения блокировки поверхности;
  - 2) из-за увеличения энергии связи  $\text{Н}$  с металлом;
  - 3) из-за увеличения тафелевских наклонов;
  - 4) из-за увеличения коэффициентов переноса.
10. Что характеризует величина  $B$  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)  $\text{SO}_4^{2-}$ ;
- 3)  $\text{OH}^-$ ;
- 4)  $\text{NO}_3^-$

12. Почему в присутствии ингибиторов уменьшается порядок анодной реакции по  $\text{OH}^-$  -ионам?

- 1) из-за вытеснения ингибиторами адсорбированных  $\text{OH}^-$  -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 4. Влияние структуры органических соединений на ингибирующие свойства. Первичное» и

#### Тест

1. Какой заместитель характеризуется положительным знаком константы Гаммета?

- 1)  $\text{COCH}_3$ ,
- 2)  $\text{OCH}_3$ ,
- 3)  $\text{NH}_2$ ;
- 4)  $\text{CH}_3$ ,

2. В случае органических ингибиторов с кратными связями, какими продуктами объясняется вторично

- 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 ацетилен

- 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

- 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  $1 \text{ М HCl}$ ?
- 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 на ингибирование коррозии?
- 1) об экранирующем эффекте ингибиторов;
  - 2) об энергетическом эффекте ингибиторов;
  - 3) о ЕМс-Н эффекте ингибиторов;
  - 4) о кинетическом эффекте ингибиторов.
8. Как доказано участие водорода в восстановлении тройной связи при адсорбции ингибиторов ацетилжелеза в кислых растворах?
- 1) по большой разнице в скоростях растворения металла, определенных гравиметрическим методом и водородом;
  - 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 с окислителем;
  - 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 органических 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  $\pi$  – 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 6. Влияние природы растворителя на ингибиторное действие ПАВ.

##### Тест

- 1 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 м
  - 2) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий минимальной адсорбции на данном м
  - 3) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий положительной адсорбции на данном
  - 4) первый потенциал ионизации соединения, соответствующий отрицательной адсорбции на данном м
3. Какие ПАВ, по мнению Григорьева и Экилика, нужно использовать в неводных средах в качестве и
  - 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
  - 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 и
  - 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)  $\text{фн.з.} < \text{фкор}$ ;
  - 2)  $\text{фн.з.} > \text{фкор}$ ;
  - 3) при  $\text{фкор} > 0$ ;
  - 4) при  $\text{фкор} = 0$ .
7. Как влияет природа растворителя на характер зависимости защитного эффекта ПАВ от его молярнс
  - 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 молярнс
  - 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 коррозион
- 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 К
- 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  $\Delta G_{\text{адс}} \text{ растворителя} < 0$ ;
  - 2)  $\Delta G_{\text{адс}} \text{ растворителя} = 0$ ;
  - 3)  $\Delta G_{\text{адс}} \text{ растворителя} > 0$ ;
  - 4)  $\Delta G_{\text{адс}} \text{ растворителя} = 10$
13. Почему при больших степенях заполнения поверхности ПАВ, определенных емкостными измерениями бывает незначительным?
- 1) т.к.  $\theta_{\text{емк}}$  не идентична  $\theta$ , 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 солей.
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 только блокировочного действия ингибитора вывести выражение, позволяющее получить прямолинейный график.
2. При скорости коррозии железа в атмосфере  $0,07 \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{год})$  с учетом, что процесс идет с кислородным образованием  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , рассчитать количество кислорода, необходимое для протекания процесса.
3. Скорость коррозии алюминия летом в тропиках при средней температуре  $30^\circ\text{C}$  составляет  $0,25 \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{год})$ , осенью при средней температуре  $20^\circ\text{C}$ , если температурный коэффициент равен  $0,5$ .
4. Скорость коррозии металла в неингибированном растворе равна  $0,1 \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ . Ингибитор вызывает в 10 раз уменьшение скорости коррозии в ингибированном растворе?

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

#### Типовые тестовые задания

1. Какое из уравнений отражает действие только  $\psi_1$  – 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 триметилбензиламмониййодид?
  - 1) катионо-анионоактивный;
  - 2) анионоактивный;
  - 3) молекулярный;
  - 4) протонирующийся.
4. За счет какого эффекта добавка галогенид-ионов к сернокислому раствору повышает перенапряжение?
  - 1)  $\psi_1$ -эффект;
  - 2) блокировка;
  - 3) изменение энергии связи  $\text{Надс}$  с  $\text{Fe}$ ;
  - 4) кинетический эффект.

#### Типовые вопросы коллоквиумов

1. Диссоциативная адсорбция  $\text{MP}$  на поверхности металла. Порядок реакции по ионам водорода.
2. Вывод выражений для коэффициента торможения катодного процесса и скорости коррозии в целом  $\psi_1$ -эффектах.
3. Проблемы, связанные с определением степени заполнения поверхности ингибитором  $\Theta$  на металле, 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»<br>(85 - 100 баллов)             | ПК-1 | Демонстрирует знание механизма действия наиболее распространенной 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. Ответ построен логично, материал излагается четко, ясно, 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, хорошо.  |
| «хорошо»<br>(70 - 84 баллов)               | ПК-1 | Демонстрирует знание механизма действия наиболее распространенной коррозии, взаимосвязи их строения и защитной эффективности. Умеет применять готовые методики для решения теоретических задач по подбору ингибиторов коррозии для различных сред и расчету их защитного действия. Ответ построен логично, материал хорошим языком, аргументировано.           |
|  | ПК-2 | Умеет анализировать готовые методики, предлагаемые для решения теоретических задач по защите металлов и выбирать наиболее эффективные в данных условиях. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают значительных затруднений. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком.   |
| «удовлетворительно»<br>(50 - 69 баллов)    | ПК-1 | Демонстрирует знание механизма действия отдельных ингибиторов коррозии, определяет их защитную эффективность. Неуверенно перечисляет факторы, учитываемые при подборе ингибиторов для различных сред и расчету их защитного действия. Ответ не всегда логично выстроен, материал излагается без потери терминологии.   |
|  | ПК-2 | Неуверенно выбирает готовые методики, предлагаемые для решения теоретических задач по защите металлов. Вопросы, задаваемые преподавателем, вызывают затруднения. Ответ не всегда логично выстроен, материал излагается без потери терминологии.  |
| «неудовлетворительно»<br>(менее 50 баллов) | ПК-1 | Показывает слабый уровень профессиональных знаний, не может решить задачи дисциплины. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Не отвечает на поставленные вопросы или затрудняется с ответом.  |
|  | ПК-2 | Не ориентируется в основных теоретических концепциях, ингибирования коррозии металлов, в результате чего не способен решить 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 с содержанием дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания ее частей.

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

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

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

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных ресурсов, 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 материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные 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. Устный опрос на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает просмотр рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с использованием MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть распечатан в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть кратким и содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответ на вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом 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 и источников);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение содержания);
- 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 выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы участвуют в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Ответы подлежат 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. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержанию, направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств, последовательность и логичность презентуемого материала;

- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соотношение звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальное использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности. соблюдение регламента, эмоциональность, усвоенные систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения

## **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-та 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. 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 металлов. 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. ун-та 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 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. - Тамбов: ТГУ, 2002. - 310 с.
3. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е. Электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых 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. Создание антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и реагентов. - 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 : практическое пособие по коррозии металлов в водных средах. - Москва: Издательский Дом МИСиС, 2005. - 102 с. - Текст : электронный <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: лекционный зал для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, аттестации, помещения для самостоятельной работы.

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

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования и 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 Educati

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.monogr>

2. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>

3. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij>

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

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

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством му сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образова