



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИТЭ  
протокол №8 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института теплоэнергетики

\_\_\_\_\_ С.О.Гапоненко

«30» мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.06 Коррозионные процессы в электрохимических установках

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и)  
(профиль(и)) Автономные энергетические системы

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Химия и водородная энергетика	к.х.н., доцент	Гайнутдинова Д.Ф.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ХВ	22.05.2023	Протокол №11	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичиров А. А.
Согласована	ХВ	22.05.2023	Протокол №11	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичиров А. А.
Согласована	Учебно-методический совет ИТЭ	30.05.2023	Протокол №9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИТЭ	30.05.2023	Протокол №9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

*(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)*

Целью освоения дисциплины «Коррозионные процессы в электрохимических установках» является формирование системы знаний по механизмам протекания коррозионных процессов протекающих в электрохимических энергоустановках.

Задачами дисциплины «Коррозионные процессы в электрохимических установках» являются изучение понятийного аппарата дисциплины, усвоение основных положений современной теории химической и электрохимической коррозии металлов, привития навыков применения теоретических знаний для решения практических задач по защите металлов от коррозии.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем	ПК-3.2. Демонстрирует знания по обеспечению экологической безопасности автономных энергетических систем
ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов	ПК-4.3. Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. \_

Б1.В.ДЭ.01.01.01 Физико-химические основы процессов обработки воды;

Б1.В.ДЭ.01.01.02 Физическая химия;

Б1.В.ДЭ.01.01.03 Электрохимия;

Б1.В.ДЭ.01.01.04 Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем;

Б1.В.ДЭ.01.01.07. Инженерное проектирование электрохимических энергоустановок.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. \_\_\_\_\_

Б2.О.01 (У) Учебная практика (ознакомительная);

Б2.О.02(П) Производственная практика (практика по получению первичных профессиональных навыков);

Б2.В.01(П) Производственная практика (технологическая).

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	61	61
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,94	34	34
Лекции	0,5	18	18
Практические (семинарские) занятия	-	-	-
Лабораторные работы	0,44	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,05	74	74
Проработка учебного материала	2,05	74	74
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	-	-	-
Промежуточная аттестация:			3

#### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	36	4	8	-	24	ТК1	ПК-3.2.3; ПК-3.2У; ПК-3.2В; ПК-4.3.3; ПК-4.3.У; ПК-4.3.В
Раздел 2	39	8	6	-	25	ТК2	ПК-3.2.3; ПК-3.2У; ПК-3.2В; ПК-4.3.3; ПК-4.3.У; ПК-4.3.В
Раздел 3	33	6	2	-	25	ТК3	ПК-3.2.3; ПК-3.2У; ПК-3.2В; ПК-4.3.3; ПК-4.3.У; ПК-4.3.В
Экзамен	36				0	<b>ОМ 1</b>	<b>ПК-3; ПК-4</b>
<b>Итого за 1 семестр</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>16</b>		<b>74</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>16</b>		<b>74</b>		

#### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Классификация коррозионных процессов.

Тема 1.1. Общая характеристика коррозионных процессов.

Классификация по условиям протекания (газовая, атмосферная, жидкостная, подземная, биокоррозия, структурная, коррозия блуждающими токами, контактная, щелевая, коррозия под напряжением, коррозионная кавитация); по характеру коррозионных разрушений (сплошная, местная).

Тема 1.2. Коррозионные разрушения в электрохимических установках. Коррозионные условия эксплуатации энергоустановок.

Раздел 2. Механизмы коррозионных процессов.

Тема 2.2. Кинетика и термодинамика электрохимической коррозии.

Возникновение и работа коррозионных микроэлементов. Катодные процессы с водородной и кислородной деполяризацией.

Поляризация, причины поляризации. Коррозионные диаграммы и контролирующий фактор процесса коррозии. Особенности кинетики катодных процессов в кислых, нейтральных и щелочных растворах и способы предотвращения коррозии в нейтральных и кислых средах. Виды поляризации и перенапряжения. Поляризационные кривые. Перенапряжение при коррозии с водородной деполяризацией. Перенапряжение при коррозии с кислородной деполяризацией.

Тема 2.3. Кинетика и термодинамика химической коррозии в энергоустановках.

Химическая газовая коррозия. Виды оксидных пленок и законы их роста. Влияние различных факторов на скорость газовой коррозии. Жидкостная коррозия в неэлектролитах.

Раздел 3. Методы защиты металлов от коррозии.

Тема 3.1. Методы защиты от химической и электрохимической коррозии.

Легирование металлов. Противокоррозионная профилактика. Влияние условий работы конструкции, формы конструкции, способов соединения узлов и деталей и других конструктивных особенностей элементов оборудования на их коррозионную стойкость. Защитные покрытия. Виды металлических покрытий. Ингибиторы коррозии. Обработка коррозионной среды. Электрохимическая защита от коррозии.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

1. Техника безопасности при работе с агрессивными жидкостями. Оборудование, для изучения коррозионных процессов.

2. Испытание сплавов на склонность к межкристаллической коррозии.

3. Характеристика коррозионных условий эксплуатации электрохимической установок. Определение коррозионной стойкости в агрессивных средах гравиметрическим методом.

4. Пассивность металлов. Анодные поляризационные кривые для металлов склонных к пассивации, кривая пассивации. Исследование процесса газовой коррозии металлов.

5. Катодные и анодные процессы при электрохимической коррозии

металлов. Диаграммы Пурбэ. Определение скорости коррозии металла по количеству выделившегося водорода.

6. Кинетика электрохимической коррозии. Построение поляризационных кривых. Ток коррозии.

7. Исследование коррозионных диаграмм. Графический анализ электрохимического коррозионного процесса.

8. Контактная коррозия металлов. Катодные и анодные покрытия.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-3 Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем	ПК-3.2 Демонстрирует знания по обеспечению экологической безопасности и автономных энергетических систем	знать:				
		методы и способы прогнозирования надежности электрохимических энергоустановок и последствий коррозионного воздействия; концепцию комплексного обеспечения защиты материалов от коррозии	Уровень знаний в объеме, соответствует в программе подготовке, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствует программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		уметь:				
		объяснять различные	Продемонстрирован	Продемонстрирован	Продемонстрирован	При решении

		схемы протекания коррозии металлов в растворах электролитов, анализировать явление пассивации металлов под влиянием окислительной среды, обобщать основные способы защиты металлов от газовой коррозии и электрохимической коррозии, применяемые в современной технике	ы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	ы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	ы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	стандартных задач продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
		владеть:				
		противокоррозионной профилактикой, методами защиты от коррозии и исследование коррозионных процессов;	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-4. Способен к организации технического и материально-обеспеч	ПК-4.3 Выполняет сбор, обработку, анализ и обобщение отечественного и международного опыта в области	Знать:				
		основы теории коррозионных процессов в газовых и жидких электропроводящих средах; общие сведения о состоянии и изменении	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

чения меропр ятий по соверш енство ванию технол огии произв одства автоно мных энергет ически х систем и их компон ентов	исследовани й и разработки автономных энергетичес ких систем и их элементов	свойств электрохимиче ских установок под влиянием техногенных и антропогенных факторов; основные источники коррозионного воздействия на оборудовании в производствен ной деятельности.				
		Уметь				
		определять виды коррозии в электрохимиче ских установках, и анализировать причины возникновения коррозионных процессов	Продемон стрирован ы все основные умения, решены все основные задачи с отдельны ми несущест венными недочета ми, выполнен ы все задания в полном объеме	Продемон стрирован ы все основные умения, решены все основные задачи с негрубым и ошибками , выполнен ы все задания в полном объеме, но некоторы е с недочета ми	Продемон стрирован ы все основные умения, решены типичные задачи с негрубым и ошибками , выполнен ы все задания, но не в полном объеме	При решении стандарт ных задач не продемон стрирова ны основные умения, имеют место грубые ошибки
		Владеть				
навыками сбора и анализа научно- технической информации в области классификации коррозионных процессов в электрохимиче ских установках.	Продемон стрирован ы навыки при решении нестандар тных задач без ошибок и недочетов	Продемон стрирован ы базовые навыки при решении стандартн ых задач с некоторы ми недочета ми	Имеется минималь ный набор навыков для решения стандартн ых задач с некоторы ми недочета ми	При решении стандарт ных задач не продемон стрирова ны базовые навыки, имеют место грубые ошибки		



Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

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

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### 5.1.1. Основная литература

1. Барунин, А. А. Коррозия металлов : учебное пособие / А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, Д. С. Маслобоев. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 36 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121812>
2. Новгородцева О.Н. Коррозия металлов и методы защиты от коррозии: учебное пособие / О.Н. Новгородцева, Н.А. Рогожников. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 162 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/367852/reading>

#### 5.1.2.Дополнительная литература

3. Коррозия металла теплоэнергетического оборудования : учебное пособие / Н. Д. Чичирова, Ю. В. Абасев, Э. М. Залаев. - Казань : КГЭУ, 2010. - 164 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - 3657. - Текст : непосредственный.
4. Лихачёв, В. А. Коррозия и защита металлов : учебно-методическое пособие / В. А. Лихачёв. — Киров : ВятГУ, 2017. — 97 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134601>
5. Рогова, Л. И. Коррозия металлов : учебное пособие / Л. И. Рогова, Л. В. Крупнов. — Норильск : НГИИ, 2019. — 134 с. — ISBN 978-5-89009-704-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155896>

### **5.2. Информационное обеспечение**

#### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система КГЭУ "ИРБИС64" (<http://lib.kgeu.ru/>).
2. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/>)
3. ДК «Химия размещенный в LMS Moodle 3.0
4. Интернет тренажеры: [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru) .

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Международная реферативная база данных ([http:// link.springer.com](http://link.springer.com)).
2. Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU" (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
3. Российская государственная библиотека (<http://www.rsl.ru>)
4. Энциклопедии, словари, справочники (URL: <http://www.rubricon.com>).

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Пользовательская операционная система Windows 10.
2. ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента LMS Moodle. Современное программное обеспечение. <https://download.moodle.org/releases/latest/>
3. Система поиска информации в сети интернет Браузер Chrome
4. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PD Adobe Acrobat

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Химическая лаборатория», В-519	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: 30 посадочных мест, доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, рН-метр АНИОН-4100, плитка электрическая, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.)
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная	Компьютерный класс с	Специализированная учебная мебель на 30

работа	выходом в Интернет В-600а	посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и

обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

#### *Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

#### *Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

#### *Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ П/П	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГЭУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.01.01.06 Коррозионные процессы в электрохимических установках

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и)  
(профиль(и)) Автономные энергетические системы

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023





аттестации									
В письменной форме по билетам									0-30

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции				
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий	
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено			не зачтено	
ПК-3 Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем	ПК-3.2 Демонстрирует знания по обеспечению экологической безопасности и автономных энергетических систем	знать:					
		методы и способы прогнозирования надежности электрохимических энергоустановок и последствий коррозионного воздействия; концепцию комплексного обеспечения защиты материалов от коррозии	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	
уметь:							
объяснять различные схемы протекания коррозии металлов в растворах электролитов, анализировать явление пассивации металлов под влиянием окислительной			Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами,	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками,	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками,	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	

		среды, обобщать основные способы защиты металлов от газовой коррозии и электрохимической коррозии, применяемые в современной технике	выполнены все задания в полном объеме	задания в полном объеме, но некоторые недочетами	но не в полном объеме	
		владеть:				
		противокоррозионной профилактикой, методами защиты от коррозии и исследование коррозионных процессов;	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологий производства автономных	ПК-4.3 Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов	Знать:				
		основы теории коррозионных процессов в газовых и жидких электропроводящих средах; общие сведения о состоянии и изменении свойств электрохимических установок под влиянием техногенных и антропогенных факторов; основные источники коррозионного воздействия на оборудовании в	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

энергетически систем и их компонентов	производственной деятельности.				
	Уметь				
	определять виды коррозии в электрохимических установках, и анализировать причины возникновения коррозионных процессов	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
	Владеть				
навыками сбора и анализа научно-технической информации в области классификации коррозионных процессов в электрохимических установках.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных типовых заданий в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание механизмов химической и электрохимической коррозии, и способов защиты металлов от коррозии при собеседовании, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *расчетных типовых задач в семестре; тестовых заданий; понимание механизмов химической и электрохимической коррозии, и способов защиты металлов от коррозии при*

собеседовании, оформления отчетов по лабораторным работам, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение типовых расчетных задач в семестре и тестовых заданий;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение типовых расчетных задач в семестре и тестовых заданий.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Разноуровневые задачи и задания (РЗЗ)	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения	Комплект разноуровневых задач и заданий
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы,

## **необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

### **Для текущего контроля ТК1:**

Проверяемая компетенция:

ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем;

ПК-3.2. Демонстрирует знания по обеспечению экологической безопасности автономных энергетических систем.

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов;

ПК-4.3. Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов.

### **Вопросы к комплексному заданию ТК1 (Сбс)**

1. Что называется коррозией металла и какие виды коррозии известны?
2. В каком случае возможно протекание контактной коррозии?
3. Коррозия металлов в природных средах.
4. Что является основным стимулирующим фактором атмосферной коррозии? Какие факторы усиливает атмосферную коррозию?
5. Что влияет на скорость почвенной коррозии? Каким образом микроорганизмы влияют на почвенную коррозию?
6. По какому механизму протекает коррозия железа в морской воде?
7. Газовая коррозия в технологических средах. Обезуглероживание стали.
8. В каком случае возможна карбонильная коррозия?
9. В каком случае протекает сернистая коррозия?
10. В чем заключается различие в поведении металлов в среде газообразного хлора и хлористого водорода от действия других агрессивных сред?
11. Что характеризуют количественные показатели коррозии? Изменение массы, глубинные и объемные, механические показатели.
12. Укажите признаки коррозионных процессов.

**Задания к лабораторным работам по разделу «Классификация коррозионных процессов»:**

**Лабораторная работа 1.** Техника безопасности при работе с агрессивными жидкостями. Оборудование, для изучения коррозионных процессов.

- 1) ознакомиться с правилами по технике безопасности и расписаться в журнале по технике безопасности (ТБ) при работе в химической лаборатории;
- 2) изучить оборудование и его применение в лабораторном практикуме;

3) выполнить некоторые операции лабораторной химической практики, связанные с измерением объемов жидкостей с помощью мерной химической посуды.

**Лабораторная работа 2.** Испытание сплавов на склонность к межкристаллической коррозии.

1) Сформировать практические навыки определения межкристаллической коррозии нержавеющей стали.

2) Изучить способы борьбы с межкристаллической коррозией (МКК).

3) Провести испытания на склонность образцов к межкристаллической коррозии.

4) Сделать выводы о стойкости изученных образцов к межкристаллической коррозии

Вопросы:

5) Перечислите причины вызывающие межкристаллическую коррозию.

6) Дайте характеристику методам испытаний по выявлению склонностей к межкристаллической коррозии. Опишите методику испытаний образцов сталей на МКК.

7) При коррозии железа с образованием вюстита объемный показатель газовой коррозии составил  $0,3 \text{ см}^3 / \text{см}^2 \cdot \text{ч}$ .

8) При коррозии железа при  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $139250 \text{ Па}$  с образованием вюстита объемный показатель газовой коррозии составил  $0,3 \text{ см}^3 / \text{см}^2 \cdot \text{ч}$ . Определить отрицательный массовый показатель коррозии.

**Лабораторная работа 3.** Характеристика коррозионных условий эксплуатации электрохимической установок. Определение коррозионной стойкости в агрессивных средах гравиметрическим методом.

1) Изучить механический, очаговый, массовый, объемный, глубинный показатели коррозии

2) Коррозионно-механическое разрушение металлов. Коррозионное растрескивание. Коррозионная усталость металла.

3) Исследовать условия протекания фреттинг коррозии

4) Кавитационная эрозия при эксплуатации гидротурбин, гребных винтов, насосов, клапанов, запорных устройств в трубопроводах.

Задания:

5) Определить скорость коррозии и коррозионной стойкости металлических конструкционных материалов в агрессивных средах гравиметрическим методом.

Подготовить образцы и растворы для испытаний водные технологические жидкости, после испытания определить характер коррозии, и потерю массы образцов, рассчитать скорость коррозии, как показатель изменения массы.

6) При окислении железа кислородом с образованием вюстита  $\text{FeO}$  положительный массовый показатель составил  $3 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{ч}$ . Рассчитать отрицательный массовый показатель.

**Лабораторная работа 4.** Пассивность металлов. Анодные поляризационные кривые для металлов склонных к пассивации, кривая пассивации. Исследование процесса газовой коррозии металлов.

1) Определить закономерность по которому растёт пленка продуктов коррозии на поверхности металла при окислении его кислородом воздуха при повышенных температурах.

2) Изучить устройство для определения скорости коррозии металла при повышенных температурах, получить экспериментальные данные (температура печи, время от начала опыта, вес образца тигля с нитью, привес образца за период времени, скорость изменения веса образца).

3) Обработать полученные данные, построить кривые зависимости: толщина пленки оксида  $h$  (см) – время; положительный весовой показатель  $K$  – время.

4) Проанализировать графические зависимости, ответить на вопросы:

Как связаны полученные цифровые данные с внешним видом прокорродировавших образцов и почему эта зависимость проявляется?

Является ли пленка образовавшихся оксидов сплошной?

Почему кривая имеет вид, полученный на графике?

В каком участке, считая от поверхности корродирующего материала, может быть зона роста пленки оксидов?

5) Лимитирующая стадия процесса и закона роста оксидных пленок. Лимитирующая стадия при линейном законе роста пленок и принцип определения ряда металлов, окисляющихся по этому закону.

6) Сформулировать внутренние и внешние факторы газовой коррозии.

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

### **Для текущего контроля ТК2:**

Проверяемая компетенция:

ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем;

ПК-3.2. Демонстрирует знания по обеспечению экологической безопасности автономных энергетических систем.

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов;

ПК-4.3. Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов.

### **Вопросы к комплексному заданию ТК2 (Сбс)**

1. Что называют электрохимической коррозией? Какова причина ее возникновения? Назовите факторы, влияющие на электрохимическую коррозию.

2. Что называется деполяризатором катодного процесса электрохимической коррозии? В каких условиях она протекает наиболее интенсивно?
3. Что такое водородная деполяризация и условия ее возникновения?
4. Что такое кислородная деполяризация и условия ее возникновения?
5. В чем состоит механизм электрохимической коррозии?
6. Как влияет на скорость коррозии контакт образца металла с металлом, имеющим потенциал более положительный, в другом случае – более отрицательный?
7. Какие способы подавления коррозии с водородной деполяризацией существуют?
8. Каковы особенности коррозии с водородной деполяризацией?
9. В каких случаях возможен процесс коррозии с выделением водорода, с термодинамической и кинетической точек зрения?
10. Как будет меняться скорость коррозии и стационарный потенциал стального образца во времени при растворении его в ограниченном объеме раствора соляной кислоты?
11. Влияет ли скорость движения электролита на скорость коррозии с водородной деполяризацией?
12. Что такое химическая коррозия? Приведите примеры.
13. Назовите газы, жидкости в которых может протекать химическая коррозия?
14. В чем состоит механизм химической коррозии?
15. Как температура газовой среды, скорость движения газовой среды и давления газа влияют на скорость газовой коррозии металла?
16. Объясните влияние состава газовой среды на скорость газовой коррозии.
17. Факторы влияющие на скорость газовой коррозии.
18. Что называют жаропрочностью и жаростойкостью металлов?
19. Перечислите основные стадии газовой коррозии металлов.
20. Охарактеризуйте свойства поверхностных пленок на металле.
21. Как повлияет повышение температуры на образование оксидов металлов?
22. В каком случае продукты коррозии, образовавшиеся на поверхности металлов тормозят процесс коррозии?
23. Приведите примеры металлов, образующих плотные поверхностные пленки.

### **РЗЗ ТК-2:**

1. Определить влияние температуры на возможность самопроизвольного окисления железа на воздухе по реакции  $3\text{Fe}(\alpha) + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$ , для чего найти стандартные изменения энергии Гиббса при температурах 700 и 800 К.
2. Стационарный потенциал железа в 1-нормальном растворе серной кислоты составляет -0,82 В относительно 0,1-нормального медно-сульфатного



электрода. Коэффициенты в уравнении Тафеля) для катодного процесса  $b = -0,15 \text{ В}$ ,  $i_0 = 10^{-2} \text{ А/м}^2$ . Какова толщина слоя железа, который удаляется с гладкой поверхности электрода за 1 час? Железо окисляется до двухвалентных ионов.

3 Электролитическое цинкование деталей осуществлялось в течение 22 минут в цианистом электролите при плотности тока  $3,0 \text{ А/дм}^2$  со средним выходом по току цинка 85 %. Сколько цинка осаждается на детали поверхностью  $2,7 \text{ дм}^2$  за время процесса? Какова при этом средняя толщина цинкового покрытия?

4 В железной полосе площадью  $7430 \text{ см}^2$  находится 50 медных заклепок, каждая из которых имеет площадь поверхности  $3,2 \text{ см}^2$ . Полоса погружена в аэрируемый раствор с высокой электропроводностью, в котором железо, не соединенное с другим металлом, корродирует со скоростью  $0,165 \text{ мм/год}$ . Какова скорость коррозии железной полосы? Какой ток нужно пропускать для обеспечения полной катодной защиты железа? Допустить, что катодный процесс протекает в режиме предельного тока диффузии по кислороду, а растворения меди не происходит.

5. Электролитическое осаждение цинкового покрытия толщиной  $18 \text{ мкм}$  производится в сульфатном электролите при катодной плотности тока  $2,0 \text{ А/дм}^2$  и выходе по току 98 %. Определите продолжительность процесса цинкования. При катодной поляризации железного электрода стационарный потенциал составляет  $-0,916 \text{ В}$  относительно 1-нормального каломельного электрода. Величина рН электролита равна  $4,0$ . Каково значение перенапряжения водорода?

6. Рассчитайте расход электроэнергии ( $\text{кВт}\cdot\text{ч}$ ) при электролитическом нанесении слоя  $\text{Zn}$  толщиной  $90 \text{ мкм}$  на поверхность стального изделия площадью  $540 \text{ см}^2$ . Выход по току равен 94 %. Напряжение равно  $5,5 \text{ В}$ .

7. В медной полосе площадью  $5000 \text{ см}^2$  находится 40 железных заклепок, каждая из которых имеет площадь поверхности  $4 \text{ см}^2$ . Полоса погружена в аэрируемый раствор с высокой электропроводностью, в котором железо, не соединенное с другим металлом, корродирует со скоростью  $0,165 \text{ мм/год}$ . Какова скорость коррозии железных заклепок? Какой ток нужно пропускать для обеспечения полной катодной защиты железа? Допустить, что катодный процесс протекает в режиме предельного тока диффузии по кислороду, а растворения меди не происходит.

8. Расход электроэнергии при электролитическом нанесении слоя кадмия на поверхность стального изделия, площадью  $900 \text{ см}^2$  составил  $0,18 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . Выход по току равен 97 %. Напряжение на электролизере  $8,5 \text{ В}$ . Определите толщину нанесенного покрытия.

9. Сколько миллилитров  $\text{H}_2$  выделяется с  $1 \text{ м}^2$  стальной поверхности за сутки, если ее потенциал на  $0,1 \text{ В}$  отрицательнее критического потенциала катодной защиты.  $\text{pH} = 9,5$ ; перенапряжение ( $\eta$ ) водорода на стали равно  $\eta = -0,105 \cdot \lg(i/10^{-7})$ , где  $|\eta|, \text{В}$ ;  $|i|, \text{А/см}^2$ . На поверхности стали образуется пленка  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .

10. Рассчитайте продолжительность электролитического нанесения слоя Sn толщиной 33 мкм на поверхность стального изделия площадью 145 см<sup>2</sup>, если сила тока составляет 4,6 А, а выход по току равен 89 %.

11. Сколько миллилитров H<sub>2</sub> выделяется с 1 м<sup>2</sup> стальной поверхности за сутки, если ее потенциал на 0,1 В отрицательнее критического потенциала катодной защиты. рН = 9,5; перенапряжение ( $\eta$ ) водорода на стали равно  $\eta = -0,105 \cdot \lg(i/10^{-7})$ , где  $|\eta|$ , В;  $|i|$ , А/см<sup>2</sup>. На поверхности стали образуется пленка Fe(OH)<sub>2</sub>.

12. Рассчитайте продолжительность электролитического нанесения слоя Sn толщиной 33 мкм на поверхность стального изделия площадью 145 см<sup>2</sup>, если сила тока составляет 4,6 А, а выход по току равен 89 %.

13. Рассчитайте давление водорода, необходимое для подавления коррозии железа в 0,1-молярном растворе FeCl<sub>2</sub> с рН = 3.

14. Расход электроэнергии при электролитическом нанесении слоя серебра на поверхность стального изделия площадью 941 см<sup>2</sup> составил 0,05 кВт·ч. Выход по току равен 96 %. Напряжение на электролизере 5,5 В. Определите толщину нанесенного покрытия.

15. В медной емкости с разбавленным раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (рН = 6) создано давление водорода в 0,1 МПа. Рассчитайте максимально возможное содержание в кислоте ионов Cu<sup>2+</sup> (моль/л). Чему будет равно это значение при уменьшении парциального давления водорода до 1·10<sup>-5</sup> МПа?

**ОЛР ТК-2.** Задания к лабораторным работам по разделу «Механизмы коррозионных процессов»:

**Лабораторная работа 5. Катодные и анодные процессы при электрохимической коррозии металлов. Диаграммы Пурбэ. Определение скорости коррозии металла по количеству выделившегося водорода.**

1) Определить локальную и общую скорость коррозии металла, глубинный показатель коррозии (проницаемость) в зависимости от контакта с ним некоторых металлов или других факторов.

2) Изучить принцип работы эвдиометра, подготовить образцы в виде плоских пластинок с изолированным токоотводом, оформить данные по кинетики выделения водорода при коррозии образца. Выразить графически зависимость объема выделившегося водорода, приведенного к нормальным условиям от времени; скорости коррозии от времени процесса.

3) Построить модельную коррозионную диаграмму Пурбэ и показать на ней реализации. Защитного или разностного эффекта. Как это соотноситься с количеством выделяющегося водорода?

Вопросы для подготовки к лабораторной работе:

4) Что такое объемный показатель коррозии, расчет показателя, физический смысл?

5) Как пересчитать объемный показатель коррозии в отрицательный весовой и глубинный?

6) Почему различные металлы в растворе кислоты одной и той же концентрации корродируют с различной скоростью?

7) Как изменится стационарный потенциал и скорость коррозии стального образца при увеличении концентрации соляной кислоты? Дать подробное объяснение.

8) Что называют свободной энергией Гиббса и что характеризует данный показатель?

9) Выяснить термодинамическую возможность коррозии свинца с водородной деполяризацией в 0,001 моляльном растворе соляной кислоты при  $T=298\text{ K}$  и давлении водорода над раствором 1 атм, если в этих условиях образуется труднорастворимое соединение хлорида свинца,  $PR=1,3 \cdot 10^{-4}$ .

10) Установить термодинамическую возможность коррозии цинка с кислородной деполяризацией в нейтральном 0,7 М водном растворе хлорида цинка при давлении кислорода на раствором 0,1 атм и  $t=25\text{ }^\circ\text{C}$ . Средний коэффициент активности ионов 0,369.

11) Какой тип катодной деполяризации возможен в случае коррозии стального изделия в 0,1 М растворе хлорида железа (II), при комнатной температуре и следующих парциальных давлениях водорода и кислорода: 7000 Па и 21000 Па.

### **Лабораторная работа 6. Кинетика электрохимической коррозии. Построение поляризационных кривых. Ток коррозии.**

1) Построить анодную поляризационную кривую Фляде- потенциал, потенциал пробоя.

2) Изучить усталостную коррозию. Схема развития усталостной коррозии.

3) Стальное изделие корродирует с кислородной деполяризацией, определяемой диффузией кислорода. Предельный ток коррозии равен 4,5 А. По коррозионной диаграмме определите, каким будет новый коррозионный потенциал, если путем замедления диффузии кислорода удалось снизить ток коррозии до 3 А.

4) При электрохимической коррозии изделия из низкоуглеродистой стали с кислородной деполяризацией за 45 мин образовывалось 0,0225 г гидроксида железа (III). Вычислите величину коррозионного тока, объем поглощенного кислорода при нормальных условиях и массу прокорродировавшего железа.

### **Лабораторная работа №7. Исследование коррозионных диаграмм. Графический анализ электрохимического коррозионного процесса**

1) Построить поляризационные диаграммы коррозии на основе экспериментально снятых поляризационных кривых для гальванопары в электролите.

2) Рассчитать скорости коррозии металла при заданном соотношении анодной и катодной поверхностей.

3) Определить контролирующий процесс коррозии и вид деполяризаторов.

4) Исследовать влияние ингибиторов на ход поляризационных диаграмм.

Вопросы:

9) Определить объемный показатель коррозии и оценить коррозионную стойкость меди в кислороде при температуре 973 К. Медный образец с

поверхностью 20 м<sup>2</sup> после окисления в течение 2ч поглотил 13,6 см<sup>3</sup> кислорода, приведенного к н.у. При окислении образуется Cu<sub>2</sub>O.

10) Определить объемный показатель коррозии магния в 0,5 н. растворе NaCl. Размеры образца 20 x 20 x 0,5 мм. Испытания проводились с полным погружением образца при температуре 25 °С, давлении воздуха, равном 1 атм. За 100 ч выделилось 330 см<sup>3</sup> водорода.

### Для текущего контроля ТК 3:

ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем;

ПК-3.2. Демонстрирует знания по обеспечению экологической безопасности автономных энергетических систем.

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов;

ПК-4.3. Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем и их элементов.

### Тест ТК-3:

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
1. <i>Ингибиторы электрохимической коррозии</i>	<i>адсорбируются на поверхности металла и замедляют действие локальных гальванических пар</i>
	<i>инициируют образование ионов, которые окисляют металл и способствуют формированию на его поверхности оксидной пленки</i>
	<i>адсорбируются на поверхности металла, окисляют металл и замедляют действие локальных гальванических пар</i>
	<i>инициируют образование кислорода, который окисляет металл и способствует формированию на его поверхности оксидной пленки</i>
2. <i>Пассивирование металлов как способ защиты металлов от электрохимической коррозии основано:</i>	<i>на обработке металла различными реагентами</i>
	<i>на обработке поверхности металла различными реагентами</i>
	<i>на переработке металлов с участием различных реагентов</i>
	<i>на переработке металлов при его взаимодействии с различными газами</i>
3. <i>Легирование металлов как способ защиты металлов от электрохимической коррозии основано:</i>	<i>на обработке поверхности металла различными реагентами</i>
	<i>на введении в металлы различных добавок</i>
	<i>на введении в металлы различных сталей</i>
	<i>на обработке металла различными реагентами</i>
4. <i>Наиболее эффективными с точки зрения защиты металлов от электрохимической коррозии являются:</i>	<i>покрытия</i>
	<i>многослойные комбинированные покрытия</i>
	<i>многостадийные комбинационные покрытия</i>
	<i>покрытия, состоящие только из лака</i>
5. <i>Процесс фосфатирования как</i>	<i>в обработке поверхности металла фосфоритными растворами</i>

способ защиты железа от электрохимической коррозии заключается	<i>в обработке поверхности металла растворами фосфатов</i>
	<i>в обработке поверхности металла фосфором</i>
	<i>в переработке металла и растворов фосфатов</i>
6. Никелевое покрытие по железу является:	<i>анодным</i>
	<i>анионным</i>
	<i>катодным</i>
	<i>катионным</i>
7. Цинковое покрытие по железу является:	<i>анодным</i>
	<i>анионным</i>
	<i>катодным</i>
	<i>катионным</i>
8. При нарушении покрытого цинком железа	<i>подвергаются коррозии металлы</i>
	<i>подвергается коррозии железо</i>
	<i>подвергается коррозии цинк</i>
	<i>подвергается коррозии оцинкованное железо</i>
9. При нарушении покрытого оловом железа:	<i>будут подвергаться коррозии металлы</i>
	<i>будет подвергаться коррозии олово</i>
	<i>будет подвергаться коррозии железо</i>
	<i>будет подвергаться коррозии</i>
10. Пассиваторы электрохимической коррозии	<i>адсорбируются на поверхности металла и замедляют действие локальных гальванических пар</i>
	<i>инициируют образование ионов, которые окисляют металл и способствуют формированию на его поверхности оксидной пленки</i>
	<i>инициируют образование кислорода, который окисляет металл и способствует формированию на его поверхности оксидной пленки</i>
	<i>адсорбируются на поверхности металла, окисляют металл и замедляют действие локальных гальванических пар</i>
11. Старение полимерных покрытий (полимеров) связано:	<i>с протекающими при воздействии света, тепла, влаги процессами деструкции</i>
	<i>с протекающими при воздействии света, тепла, влаги процессами деструкции</i>
	<i>с протекающими при воздействии света, тепла, влаги процессами десорбции</i>
	<i>с протекающими при воздействии света, тепла, влаги процессами восстановления структуры</i>
12. Термическая деструкция полимерных покрытий (полимеров):	<i>протекает по свободному механизму</i>
	<i>протекает по свободно-радикальному механизму</i>
	<i>протекает по свободно-радиальному механизму</i>
	<i>протекает по свободно-радиусному механизму</i>
13. Использование низкоуглеродистой листовой стали в качестве конструкционного материала связано с тем, что:	<i>сталь пластичнее, чем алюминий</i>
	<i>простотой соединения стальных деталей сваркой</i>
	<i>на поверхности стали, в отличие от алюминия, формируется сплошная оксидная пленка</i>
	<i>сталь не подвергается коррозии</i>

14. Для получения металлов в свободном состоянии необходимо:	высвободить энергию
	затратить энергию
	подвергнуть металл окислению
	подвергнуть металл окислению с целью получения на поверхности изделия оксидной пленки
15. Разрушение металла является процессом, при котором энергия Гиббса:	$G=0$
	$G<0$
	$G>0$
	$G$ примерно 0
16. Чтобы оксидная пленка защищала металл от коррозии, она должна:	быть пористой и сплошной
	быть тонкой и сплошной
	быть тонкой и пористой
	быть не пористой и не сплошной
17. Активность металлов оценивают:	стандартным электронным потенциалом
	стандартным электрическим потенциалом
	стандартным электродным потенциалом
	стандартным электровосстановительным потенциалом

### Вопросы к комплексному заданию ТКЗ (Сбс)

1. На какие группы делятся металлы по своей химической активности? В чем заключаются особенности этих групп?
2. Приведите примеры наименее коррозионностойких металлов.
3. Приведите примеры наиболее коррозионностойких металлов.
4. Назовите конструкционные материалы на основе железа.
5. Современные коррозионные стали и сплавы.
6. Конструкционные материалы на основе цветных металлов. Алюминий и его сплавы. Медь и медные сплавы. Никель и его сплавы. Олово. Свинец. Цинк. Кадмий. Тантал. Титан и его сплавы.
7. Назовите металлы стойкие в среде  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  (пары),  $O_2$ .
8. Легирование стали, чугуны. Легирование как метод защиты от коррозии. Принципы жаростойкого и коррозионно-стойкого легирования.
9. Анодные и катодные металлические покрытия. Операции подготовки поверхности металлов и методы нанесения металлических защитных покрытий.
10. Гальванические покрытия. Основные закономерности и технологические особенности цинкования, кадмирования, никелирования, хромирования, оловянирования.
11. Термодиффузионные покрытия алюминием, хромом, кремнием.
12. Покрытия, получаемые методом погружения в расплавленные металлы, плакированием и напылением.
13. Назначение, основные закономерности и технологические особенности оксидирования и фосфатирования металлов.
14. Неметаллические материалы и защитные покрытия.
15. Назначение и технологические особенности нанесения лакокрасочных покрытий на металлы.
16. Назначение и технологические особенности нанесения покрытий смолами, пластмассами и эмалирования металлов.
17. Анодные и катодные ингибиторы электрохимической коррозии.

18. Ингибиторы атмосферной коррозии. Антикоррозионные смазки.
19. Обработка среды при газовой коррозии. Защитные атмосферы.
20. Методы электрохимической защиты металлов от коррозии. Катодная защита внешним током и протекторная защита.
21. Методы электрохимической защиты металлов от коррозии. Анодная защита.
22. Методы защиты металлов и сплавов от газовой коррозии.
23. Методы борьбы с межкристаллитной коррозией. Методы предотвращения склонности нержавеющей сталей к межкристаллитной коррозии.
24. Контактная коррозия и факторы, на нее влияющие. Методы защиты металлов и сплавов от контактной коррозии.
25. Щелевая коррозия. Особенности щелевой коррозии сталей, алюминия, магния, меди и их сплавов. Методы борьбы со щелевой коррозией металлов и сплавов.
26. Точечная (питтинговая) коррозия и факторы, на нее влияющие. Методы борьбы с точечной коррозией металлов и сплавов.
27. Методы защиты металлов и сплавов от атмосферной коррозии.
28. Подземная коррозия и особенности ее протекания. Микробиологическая коррозия. Методы борьбы с подземной коррозией металлов и сплавов.
29. Приведите примеры двух металлов, пригодных для протекторной защиты никеля. Для обоих случаев напишите уравнение электрохимической коррозии в среде азотной кислоты.
30. Стальное изделие покрыто слоем цинка. Как будет протекать коррозия изделия во влажной атмосфере при  $pH = 7$ ?
31. Морская коррозия и особенности ее протекания. Методы защиты металлов и сплавов от морской коррозии.
32. Назначение, средства, методы и типовые схемы консервации металлоизделий

### **Типовые задачи (РЗЗ) ТК-3:**

1. В каком случае цинк корродирует быстрее: в контакте с никелем, железом или с висмутом? Ответ поясните. Напишите для всех случаев уравнение электрохимической коррозии в серной кислоте. Будет ли оксидная пленка, образующаяся на кальции, обладать защитными свойствами?
2. Приведите примеры двух металлов, пригодных для протекторной защиты железа. Для обоих случаев напишите уравнение электрохимической коррозии во влажной среде, насыщенной кислородом. Будет ли оксидная пленка, образующаяся на алюминии, обладать защитными свойствами?
3. Деталь сделана из сплава, в состав которого входит магний и марганец. Какой из компонентов сплава будет разрушаться при электрохимической коррозии? Ответ подтвердите уравнениями анодного и катодного процесса коррозии: а) в кислой среде; б) в кислой среде, насыщенной кислородом. Будет ли оксидная пленка, образующаяся на олове, обладать защитными свойствами?

4. С целью защиты от коррозии цинковое изделие покрыли оловом. Какое это покрытие: анодное или катодное? Напишите уравнение атмосферной коррозии данного изделия при нарушении целостности покрытия. Оценить коррозионную стойкость алюминия в серной кислоте, если убыль массы алюминиевой пластины размером 70x20x1 мм составила после 8 суток испытания 0,0348 г.

5. Если на стальной предмет нанести каплю воды, то коррозии подвергается средняя, а не внешняя часть смоченного металла. Чем это можно объяснить? Какой участок металла, находящийся под влиянием капли, является анодным, а какой катодным? Составьте электронные уравнения соответствующих процессов. Будет ли оксидная пленка, образующаяся на никеле, обладать защитными свойствами?

7. Сплав содержит железо и никель. Какой из названных компонентов будет разрушаться при атмосферной коррозии? Приведите уравнение анодного и катодного процессов. Оценить коррозионную стойкость цинка на воздухе при высоких температурах. Образец цинка размером 50x30x1 мм после 180 часов окисления и снятия продуктов коррозии весил 10,6032 г.

8. Почему химически чистое железо является более стойким против коррозии, чем техническое железо? Составьте уравнения анодного и катодного процессов, происходящих при коррозии технического железа во влажном воздухе и в азотной кислоте. Будет ли оксидная пленка, образующаяся на свинце, обладать защитными свойствами?

9. Приведите примеры двух металлов, пригодных для протекторной защиты никеля. Для обоих случаев напишите уравнение электрохимической коррозии в среде азотной кислоты. Оценить коррозионную стойкость кадмия на воздухе при высоких температурах. Образец кадмия плотностью  $\rho = 8,65 \text{ г/см}^3$ , размером 45x25x1 мм после 150 ч. окисления и снятия продуктов коррозии весил 10,0031 г.

10. Скорость коррозии углеродистой стали в водном растворе, содержащем аммиак, составляет 10 мм/год. Применение анодной поляризации обеспечило снижение скорости коррозии при анодной защитной плотности тока  $i = 0,05 \text{ А/м}^2$  до 0,06 мм/год. Оценить эффективность анодной защиты в данных условиях.

11. Определить защитный эффект, достигаемый применением анодной защиты хранилища концентрированной серной кислоты, изготовленного из стали Ст3, если значение скорости коррозии без защиты и с защитой, соответственно составили 0,7 и  $6,5 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2$ , а плотность защитного тока  $i = 10^{-2} \text{ А/м}^2$ .

12. При анодном оксидировании поверхности детали из алюминия плотность тока была равна  $1,2 \text{ А/дм}^2$ ; время оксидирования 30 минут. При этом режиме получена оксидная пленка  $\text{Al}_2\text{O}_3$  толщиной 6 мкм с пористостью 14 %. Рассчитать выход по току при оксидировании, принимая во внимание, что удельная масса  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (беспористого) составляет  $3,85 \text{ г/см}^3$ .

13. При анодном оксидировании алюминиевого листа током 1,8 А за 28 минут процесса выделилось 12,3 мл кислорода (приведенного к н.у.). Масса



листа при этом увеличилась на 61,3 мг. Рассчитать долю тока: 1- на образование оксидной пленки; 2 – на растворение оксида; 3 – на выделение кислорода.

14. Медное изделие оксидируется в щелочном электролите при плотности анодного тока 1 А/дм<sup>2</sup> в течение 18 минут. При этом формируется оксидная пленка CuO толщиной 5,5 мкм (удельная масса пленки оксида 6,4 г/см<sup>3</sup>). Рассчитать выход по току полученной оксидной пленки.

15. Для осаждения композиционного электролитического покрытия (КЭП) использован электролит никелирования с суспендированными частицами Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (удельная масса 3,65 г/см<sup>2</sup>), в котором при плотности тока 3,0 А/дм<sup>2</sup> получают осадки КЭП, содержащие 4,5 масс % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Рассчитать необходимое время нанесения покрытия толщиной 4,0 мкм, если выход по току для никеля составил 97%.

16. Рассчитать время электролиза для покрытия цинком стальной пластины с общей поверхностью 14 дм<sup>2</sup>. Толщина цинкового покрытия h = 40 мкм, катодная плотность тока  $i_k = 0,01$  А/см<sup>2</sup>, выход цинка по току  $\eta = 0,98$ .

**ОЛР ТК-3.** Задания к лабораторным работам по разделу «Методы защиты оборудования от коррозии»:

**Лабораторная работа 8. Контактная коррозия металлов. Катодные и анодные покрытия.**

1) Составить уравнения катодного и анодного процесса контактной коррозии металлов. Объяснить наблюдения с использованием электродных потенциалов.

2) Объяснить процессы, происходящие при нарушении катодного и анодного покрытия. Составить схемы коррозии и электронные уравнения процессов.

**Для промежуточной аттестации:**

*Перечень вопросов*

1. Классификация коррозионных процессов по механизму, условиям протекания и характеру коррозионных поражений.

2. Химическая коррозия металлов и ее разновидности. Термодинамические условия протекания химической коррозии и ее отличие от электрохимической коррозии.

3. Адсорбция окислителей на металлах. Образование пленок продуктов коррозии. Условие сплошности пленок Пиллинга и Бедвортса.

4. Кинетика газовой коррозии металлов. Линейный, параболический и логарифмический законы роста оксидных пленок на металлах.

5. Механизм газовой коррозии металлов. Теории жаростойкого легирования.

6. Влияние химического состава и структуры, предварительной пластической деформации, качества механической обработки поверхностей и наличия поверхностных дефектов на скорость газовой коррозии металлов.

7. Влияние состава и температуры коррозионной среды, режима нагрева, давления и скорости движения коррозионной среды на скорость газовой коррозии металлов.

8. Диаграмма фазового равновесия системы железо-кислород. Окисление железа и сплавов на его основе. Строение окалина.

9. Особенности окисления железоуглеродистых сплавов. Обезуглероживание стали и чугуна.

10. Водородная коррозия стали.

11. Особенности окисления алюминия, меди, титана, никеля, тугоплавких металлов и сплавов на их основе.

12. Особенности химической коррозии металлов в жидких неэлектролитах и жидкометаллических средах.

13. Электрохимическая коррозия металлов. Термодинамические условия протекания электрохимической коррозии и ее отличие от химической коррозии.

14. Стандартные, обратимые и необратимые электродные потенциалы металлов и факторы, влияющие на их величину. Диаграммы Пурбе.

15. Особенности кинетики анодных процессов. Концентрационные ограничения анодной реакции и роль продуктов коррозии.

16. Особенности кинетики катодных процессов. Катодные реакции с водородной и кислородной деполяризацией.

17. Коррозионные диаграммы «ток-потенциал». Основные практические случаи контроля электрохимических процессов.

18. Пассивное состояние металлов и его практическое значение. Пленочная и адсорбционная теории пассивности металлов.

19. Анодная поляризационная кривая. Влияние легирующих элементов на характерные точки анодной поляризационной кривой сталей. Практические следствия изучения явления пассивности.

20. Влияние термодинамической устойчивости и положения металла в периодической системе элементов, химического состава и структуры сплавов, состояния поверхности и механических напряжений на скорость электрохимической коррозии. Правило Таммана.

21. Влияние активности водородных ионов, состава и концентрации нейтральных растворов, наличия в агрессивной среде ингибиторов и стимуляторов коррозии на скорость электрохимической коррозии.

22. Влияние температуры, давления и перемешивания агрессивной среды, внешней поляризации, ультразвукового и радиоактивного излучения на скорость электрохимической коррозии.

23. Локальная коррозия и ее разновидности. Межкристаллитная коррозия. Особенности межкристаллитной коррозии нержавеющей сталей; ножевая коррозия. Межкристаллитная коррозия дуралюмина.

24. Особенности электрохимической коррозии железа и его сплавов.

25. Особенности электрохимической коррозии алюминия, магния, меди, никеля, титана и их сплавов.

26. Влияние статических и знакопеременных напряжений на электрохимическое поведение металлов, скорость коррозии и характер

коррозионного разрушения.

27. Коррозионное растрескивание и его особенности. Коррозионное растрескивание сталей, алюминиевых, магниевых и медных сплавов.

28. Коррозионная усталость. Особенности коррозии при трении и кавитации.

29. Воздействия на металл, коррозионную среду и металлическую конструкцию как основные пути защиты металлических материалов от коррозии.

30. Легирование как метод защиты от коррозии. Принципы жаростойкого и коррозионно-стойкого легирования.

31. Анодные и катодные металлические покрытия. Операции подготовки поверхности металлов и методы нанесения металлических защитных покрытий.

32. Гальванические покрытия. Основные закономерности и технологические особенности цинкования, кадмирования, никелирования, хромирования, оловянирования.

33. Термодиффузионные покрытия алюминием, хромом, кремнием.

34. Покрытия, получаемые методом погружения в расплавленные металлы, плакированием и напылением.

35. Назначение, основные закономерности и технологические особенности оксидирования и фосфатирования металлов.

36. Назначение и технологические особенности нанесения лакокрасочных покрытий на металлы.

37. Назначение и технологические особенности нанесения покрытий смолами, пластмассами и эмалирования металлов.

38. Анодные и катодные ингибиторы электрохимической коррозии.

39. Ингибиторы атмосферной коррозии. Антикоррозионные смазки.

40. Обработка среды при газовой коррозии. Защитные атмосферы.

41. Методы электрохимической защиты металлов от коррозии. Катодная защита внешним током и протекторная защита.

42. Методы электрохимической защиты металлов от коррозии. Анодная защита.

43. Методы защиты металлов и сплавов от газовой коррозии.

44. Методы борьбы с межкристаллитной коррозией. Методы предотвращения склонности нержавеющей сталей к межкристаллитной коррозии.

45. Контактная коррозия и факторы, на нее влияющие. Методы защиты металлов и сплавов от контактной коррозии.

46. Щелевая коррозия. Особенности щелевой коррозии сталей, алюминия, магния, меди и их сплавов. Методы борьбы со щелевой коррозией металлов и сплавов.

47. Точечная (питтинговая) коррозия и факторы, на нее влияющие. Методы борьбы с точечной коррозией металлов и сплавов.

48. Коррозия в естественных условиях и ее разновидности. Атмосферная коррозия и факторы, на нее влияющие.

49. Методы защиты металлов и сплавов от атмосферной коррозии.

50. Подземная коррозия и особенности ее протекания. Микробиологическая коррозия. Методы борьбы с подземной коррозией металлов и сплавов.

51. Морская коррозия и особенности ее протекания. Методы защиты металлов и сплавов от морской коррозии.

52. Назначение, средства, методы и типовые схемы консервации металлоизделий.

53. Прямые и косвенные показатели коррозии.

#### Билет 1

1. Слав содержит железо и никель. Какой из названных компонентов будет разрушаться при атмосферной коррозии? Приведите уравнения анодного и катодного процессов.

2. Оценить коррозионную стойкость алюминия в серной кислоте, если убыль массы алюминиевой пластины размером 70x20x1 мм составила после восьми суток испытаний 0,0348 г.

3. Определить скорость равномерной коррозии железа, выраженную в г/м<sup>2</sup>·ч и мм /г, если плотность коррозионного тока составляет 0,02 А/м<sup>2</sup>, а плотность железа равна 7,86 г/см<sup>3</sup>.

#### Билет 2

1. Деталь сделана из сплава, в состав которого входит магний и марганец. Какой из компонентов сплава будет разрушаться при электрохимической коррозии? Ответ подтвердите уравнениями катодного и анодного процесса коррозии а) в кислой среде; б) в кислой среде, насыщенной кислородом.

2. Каковы причины возникновения коррозии? Водородная деполяризация коррозионного процесса – разобрать на примерах системы Fe / NaCl.

3. Определить коррозионную стойкость цинка на воздухе при температуре 673 К. Образец цинка с площадью 30 м<sup>2</sup> и начальной массой 21,4261 г после 180 ч испытаний на воздухе имеет массу 21,4279 г. При окислении цинка образуется оксид цинка. Оценить по десятибалльной шкале коррозионную стойкость металла.

#### Билет 3

1. Если на стальной предмет нанести каплю воды, то коррозии подвергается средняя, а не внешняя часть смоченного металла. Чем это можно объяснить? Какой участок металла, находящийся под влиянием капли, является анодным, а какой катодным? Составьте уравнения соответствующих процессов.

2. Оценить коррозионную стойкость кадмия на воздухе при высоких температурах. Образец кадмия плотностью 8,65 г/см<sup>3</sup>, размером 45x25x1 мм после 150 часов окисления и снятия продуктов коррозии весил 10,0031 г.

3. Термодинамические условия протекания электрохимической коррозии. Какой из компонентов загрязненного городского воздуха (азот, угарный газ, оксид серы (IV)) является наиболее коррозионно-активным по отношению к металлам, особенно при повышении влажности.

#### Билет 4

1. Почему химически чистое железо является более стойким против коррозии, чем техническое железо? Составьте уравнения анодного и катодного процессов, происходящих при коррозии технического железа во влажном воздухе и в азотной кислоте.

2. Приведите примеры в двух металлов, пригодных для протекторной защиты железа. Для обоих случаев напишите уравнение электрохимической коррозии во влажной среде, насыщенной кислородом.

3. Кислородная деполяризация коррозионного процесса – разобрать на примерах системы  $\text{Cu} / \text{CuSO}_4$ . Назовите количественные показатели коррозии.

#### Билет 5

1. В каком случае цинк корродирует быстрее: в контакте с никелем, железом или висмутом? Ответ поясните. Напишите для всех случаев уравнение электрохимической коррозии в серной кислоте.

2. Оценить коррозионную стойкость цинка на воздухе при высоких температурах. Образец цинка плотностью  $7,17 \text{ г/см}^3$ , размером  $50 \times 30 \times 1 \text{ мм}$  после 180 ч окисления и снятия продуктов коррозии весил  $10,6032 \text{ г}$ .

3. При электрохимической коррозии изделия из низкоуглеродистой стали с кислородной деполяризацией за 45 мин образовывалось  $0,0225 \text{ г}$  гидроксида железа (III). Вычислите величину коррозионного тока, объем поглощенного кислорода при нормальных условиях и массу прокорродировавшего железа.

#### Билет 6

1 Рассчитайте максимальное содержание окислителя, при котором не протекает коррозия  $\text{Mn}$  до  $\text{MnS}$  в газовой фазе из  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , если  $T = 810 \text{ К}$ .

2 Будет ли корродировать железо до  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  при температуре  $800 \text{ К}$  и газовой фазе, состоящей из  $30 \% \text{ H}_2$  и  $70 \% \text{ H}_2\text{O}$ ?

3. Железо корродирует в морской воде со скоростью  $2,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$ . Рассчитайте минимальную начальную плотность тока ( $\text{А/м}^2$ ), необходимую для полной катодной защиты. Принять, что коррозия идет с кислородной деполяризацией в режиме предельного тока диффузии по кислороду.

#### Билет 7

1 Рассчитайте максимальное содержание окислителя, при котором не протекает коррозия  $\text{Ti}$  до  $\text{TiO}_2$  в газовой фазе из  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .  $T = 800 \text{ К}$ .

2 При каком соотношении  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  станет невозможной коррозия молибдена до  $\text{MoO}_2$ , если температура равна  $1050 \text{ К}$ ?

3. Сравните защитные свойства оксидных пленок, образующихся на свинце, используя: а) условие сплошности; б) справочные данные об их температурах плавления и кипения; в) данные об удельной ионной и электронной проводимости.

#### Билет 8

1 Рассчитайте максимальное содержание окислителя, при котором не протекает коррозия  $\text{Cr}$  до  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в газовой фазе из  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , если  $T = 850 \text{ К}$ .

2 Будет ли протекать коррозия вольфрама с образованием  $\text{WO}_3$  при  $T = 900 \text{ К}$  в газовой смеси из  $40 \% \text{ H}_2$  и  $60 \% \text{ H}_2\text{O}$ ?

3. Коррозия образца кобальта на воздухе при 700 °С сопровождается за 1 час удельным привесом 15 г/м<sup>2</sup>. Энергия активации процесса равна 150 кДж/моль. Учитывая параболический закон роста окислы, оцените время, за которое полностью окислится кобальтовая пластинка толщиной 1 мм при 900 °С. Продукт коррозии – CoO.

#### Билет 9.

1 Сравните защитные свойства пленок из оксидов церия, используя: а) условие сплошности; б) справочные данные об их температурах плавления и кипения; в) данные об удельной ионной и электронной проводимости.

2 Сталь состава 0,15 % С, 0,35 % Mn, 0,2 % Si помещена в чистый сероводород при 340 °С. Оцените по 10-балльной шкале ее коррозионную стойкость, если при коррозии образца площадью 100 см<sup>2</sup> за 1000 минут в системе образовалось 1,64 л водорода.

3. Сколько времени необходимо для нанесения на поверхность детали никелевого покрытия толщиной 3 мкм из раствора NiCl<sub>2</sub>, если катодный выход по току никеля 96 %, а осаждение проводилось при плотности тока  $i = 4 \text{ А/дм}^2$ ?

#### Билет 10.

1. Цинк погрузили в раствор CuCl<sub>2</sub>. Какая реакция при этом протекает, и при каком соотношении активностей Zn<sup>2+</sup> /Cu<sup>2+</sup> реакция прекратится?

2. Коррозия в естественных условиях и ее разновидности. Атмосферная коррозия и факторы, на нее влияющие.

3. Скорость коррозии углеродистой стали в водном растворе, содержащем аммиак, составляет 10 мм/год. Применение анодной поляризации обеспечило снижение скорости коррозии при анодной защитной плотности тока  $i = 0,05 \text{ А/м}^2$  до 0,06 мм/год. Оценить эффективность анодной защиты в данных условиях.