


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сахалинский государственный университет»

Кафедра геологии и нефтегазового дела

Утверждаю  
Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы

 Безверхая Е.В.  
20 сентября 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Дисциплины

*Б1.О.30 Теория и методы защиты от коррозии объектов нефтегазовой отрасли*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*18.03.01 Химическая технология*

Профиль подготовки

*Химические технологии нефти и газа*

Программа подготовки

*Академический бакалавриат*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья инвалидов

Южно-Сахалинск, 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.О.30 Теория и методы защиты от коррозии объектов нефтегазовой отрасли составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология № 922 от 07.08.2020 г.

Программу составил(и):

Безверхая Е.В., к.н., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.О.30 Теория и методы защиты от коррозии объектов нефтегазовой отрасли утверждена на заседании кафедры геологии и нефтегазового дела, протокол № 1 20.09.2024 г.

Заведующий кафедрой  
геологии и нефтегазового дела Денисова Я.В.



## **1. Цель и задачи дисциплины**

**Цель дисциплины** - формирование у студентов представления о научных основах процесса коррозии металлов, видах коррозии и способах защиты от неё.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить физико – химический механизм коррозионных процессов;
- освоение основных принципов агрессивного воздействия различных сред на металлы и металлические конструкции;
- практическое ознакомление с видами количественной оценки скорости коррозии и способами защиты металлов;
- развитие навыков работы с учебной и справочной литературой для обобщения и объяснения экспериментальных результатов.

формирование представлений у студентов:

- о научных основах процесса коррозии металлов
- об экологическом аспекте процессов коррозии.
- формирование знаний у студентов:
- об основах теории коррозионных процессов в газовых и жидких электропроводящих средах;
- об общих сведениях о состоянии и изменении свойств конструкционных материалов под влиянием техногенных и антропогенных факторов;
- об основных источниках коррозионного воздействия на конструкционные материалы в производственной деятельности, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности оборудования и последствий коррозионного воздействия;
- о концепции комплексного обеспечения защиты материалов от коррозии;
- формирование у студентов умений:
- классифицировать коррозионные процессы;
- оценить характер влияния окружающей или производственной среды на закономерности течения коррозионных процессов;
- применять теоретические знания к решению практических и исследовательских задач.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части программы бакалавриата Блока 1. Дисциплины (модули) направления подготовки 18.03.01 Химическая технология и является обязательной дисциплиной.

Эффективное изучение дисциплины предполагает наличие базовых знаний по дисциплинам: общая химия, неорганическая химия, математика, физика и др.

Курс построен на основе современных требований к уровню подготовки бакалавров и направлен на формирование специалиста высокого профессионального уровня, способного ставить и решать научные задачи, квалифицированно и компетентно оценивать правильность решений по выбору: вида коррозионного процесса, влияния на него окружающей среды, комплекса мер по обеспечению защиты материала от коррозии.

Знания, полученные при изучении дисциплины, обеспечивают научное понимание основных видов физико-химических процессов, лежащих в основе механизма коррозии и при решении поставленных профессиональных задач.

### 3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Знать: методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа. УК-1.2 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач УК-1.3 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач.
ОПК-2	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1. Знать: основные математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности. ОПК-2.2. Уметь: использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности. ОПК-2.3. Владеть: способностью применять математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Вид работы	Трудоёмкость, акад. часов	
	5 семестр	всего
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>

Лекционные занятия	<b>18</b>	<b>18</b>
Практические работы	<b>18</b>	<b>18</b>
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО)	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, ГОСТов и др.)		
подготовка к практическим занятиям		
подготовка к промежуточной аттестации		
подготовка к зачёту		

#### 4.2 Распределение видов работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	семестр	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
			контактная			Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические занятия	КонтТО		
1	Введение в дисциплину.	5	2	2	4	10	Блиц-опрос. Круглый стол. Работа с оборудованием
2	Химическая коррозия металлов	5	2	2		10	Блиц-опрос. Круглый стол. Работа с оборудованием
3	Электрохимическая коррозия металлов	5	4	4		10	Блиц-опрос. Круглый стол. Работа с оборудованием
4	Виды коррозии	5	4	4		10	Блиц-опрос. Круглый стол. Работа с оборудованием
5	Меры борьбы с коррозией металлов	5	4	4		10	Блиц-опрос. Ситуация-упражнение. Работа с оборудованием.
6	Методы коррозионных исследований	5	2	2		10	Блиц-опрос. Ситуация-упражнение. Работа с оборудованием.
	Форма итоговой аттестации	5				8	Зачет в устной форме
	ИТОГО:		18	18	4	68	

#### 4.3 Содержание разделов дисциплины

##### 1. Введение в дисциплину

Определение термина «коррозия металлов». Значение коррозии и защиты металлов для народного хозяйства и экологии. Задачи и научные основы курса. Роль термодинамики и кинетики в учении о коррозии и защите металлов. Классификация коррозионных веществ.

##### 2. Химическая коррозия металлов

Термодинамика химической коррозии металлов. Пленки на металлах. Кинетика химической коррозии металлов. Окисление сплавов. Теория жаростойкого легирования. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую коррозию металлов. Химическая коррозия металлов в жидких средах.

### 3. Электрохимическая коррозия металлов

Механизм электрохимической коррозии металлов. Поляризация электродных процессов. Анодный процесс электрохимической коррозии металлов. Коррозионные процессы с кислородной деполяризацией. Коррозионные процессы с водородной деполяризацией. Расчет электрохимического коррозионного процесса. Пассивность металлов. Внутренние факторы электрохимической коррозии металлов. Внешние факторы электрохимической коррозии металлов.

### 4. Виды коррозии

Атмосферная коррозия металлов. Подземная коррозия металлов. Морская коррозия металлов. Коррозия металлов в расплавленных солях. Некоторые виды местной электрохимической коррозии металлов и сплавов. Щелевая коррозия. Точечная (питтинговая) коррозия. Межкристаллитная коррозия.

### 5. Меры борьбы с коррозией металлов

Меры воздействия на металл. Защита металлов ингибиторами коррозии. Электрохимическая защита металлических изделий. Меры воздействия на коррозионную среду. Меры воздействия на конструкцию.

### 6. Методы коррозионных исследований

Общая характеристика методов коррозионных исследований. Цель коррозионных исследований. Классификация методов коррозионных исследований. Показатели коррозии металлов. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов. Сравнительность коррозионных исследований.

#### 4.4 Темы и планы лабораторных занятий

##### Лабораторная работа № 1:

##### Решение задач по теме «Термодинамика коррозии»

Задания:

1. Рассчитайте  $\Delta H^{\circ}_{298}$  химической реакции  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$

по значениям стандартных теплот образования веществ ( $\Delta H^{\circ}_f$ ). Укажите тип реакции (экзо- или эндотермическая).

2. Определите, как изменяется энтропия при протекании химического процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ .

3. Рассчитайте величину  $\Delta S^{\circ}_{298}$  для процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ , используя значения стандартных [энтропий](#) веществ.

4. Рассчитайте изменение энергии Гиббса ( $\Delta G^{\circ}_{298}$ ) для процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$  по значениям стандартных энергий Гиббса образования веществ. Возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях и 298K ?

5. Определите, возможно ли при 95°C самопроизвольное протекание процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ . Ответ обоснуйте, рассчитав величину изменения энергии Гиббса при данной температуре.

6. Составьте термохимическое уравнение реакции взаимодействия  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т})$  и  $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ , если при этом образуется 1 моль  $\text{NaOH}(\text{т})$ . В ответе приведите количество теплоты, указанное в термохимическом уравнении.

Задание для домашней работы: Подготовка презентаций по темам:

1. Проблема коррозии
  2. Термодинамика и кинетика коррозии
  3. Классификация коррозии
  4. Показатели коррозии
  5. Адсорбция окислителей на металлах
  6. Образование пленки продуктов коррозии
  7. Классификация пленок по толщине
  8. Условие сплошности пленок на металлах
  9. Массоперенос и электропроводность в пленках продуктов коррозии.
- Презентации должны быть готовы к следующей лабораторной работе  
*Обсуждение докладов.*

### **Лабораторная работа (в форме семинара и решения задач) № 2:**

#### **Введение в дисциплину.**

Вопросы для обсуждения:

1. Проблема коррозии
2. Термодинамика и кинетика коррозии
3. Классификация коррозии
4. Показатели коррозии
5. Адсорбция окислителей на металлах
6. Образование пленки продуктов коррозии
7. Классификация пленок по толщине
8. Условие сплошности пленок на металлах
9. Массоперенос и электропроводность в пленках продуктов коррозии.

Задание для самостоятельной работы: Решение задач на тему «Химическая термодинамика. Кинетика коррозии»

### **Лабораторная работа № 3:**

#### **Решение задач на тему «Электрохимические процессы в гетерогенных системах. Гальванические элементы»**

Задания:

1. Вычислите ЭДС и определите направление тока во внешней цепи данного гальванического элемента:

$\text{Fe} \mid \text{FeSO}_4 \parallel \text{AgNO}_3 \mid \text{Ag}$ , учитывая, что концентрация ионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Ag}^+$  соответственно равна 0,1 моль/л и 0,01 моль/л.

Указания по выполнению задания:

Использовать алгоритм:

А) Составляем схему гальванического элемента и указываем концентрацию ионов в растворах электролитов.

Б) Пользуясь уравнением Нернста, вычисляем значения электродных потенциалов

В) Указываем направление движения электронов во внешней цепи, учитывая, что электроны движутся от анода к катоду

Г) Составляем электронные уравнения процессов, протекающих на электродах, учитывая, что на аноде происходит окисление атомов железа, а на катоде – восстановление ионов серебра

Д) Записываем молекулярное уравнение окислительно-восстановительной реакции, лежащей в основе работы гальванического элемента

Е) Рассчитываем ЭДС гальванического элемента

2. Будет ли магний взаимодействовать с раствором сульфата никеля.

3. Задание для домашней работы: Подготовка презентаций по темам:

1. Химический механизм коррозии и окисления металлов
2. Термодинамика химической коррозии металлов
3. Кинетика химической коррозии
4. Первичная стадия окисления металлов
5. Рост пористой пленки
6. Тонкие пленки
7. Толстые пленки
8. Многослойные толстые пленки
9. Двухслойные однофазные пленки
10. Напряжения в защитных пленках и разрушение этих пленок
11. Окисление сплавов
12. Двойные оксиды в металлах
13. Внутреннее окисление сплавов
14. Окисление дисперсноупрочненных сплавов
15. Теория жаростойкого легирования
16. Теория уменьшения дефектности образующейся окалины
17. Теория образования высокозащитных двойных оксидов
18. Теория образования защитного оксида легирующего элемента
19. Жаростойкое легирование тугоплавких металлов

#### **Лабораторная работа (в форме семинара) № 4:**

##### **Химическая коррозия металлов**

Вопросы для обсуждения:

1. Химический механизм коррозии и окисления металлов
2. Термодинамика химической коррозии металлов
3. Кинетика химической коррозии
4. Первичная стадия окисления металлов
5. Рост пористой пленки
6. Тонкие пленки
7. Толстые пленки
8. Многослойные толстые пленки
9. Двухслойные однофазные пленки
10. Напряжения в защитных пленках и разрушение этих пленок
11. Окисление сплавов
12. Двойные оксиды в металлах
13. Внутреннее окисление сплавов
14. Окисление дисперсноупрочненных сплавов
15. Теория жаростойкого легирования



16. Теория уменьшения дефектности образующейся окалины
17. Теория образования высокозащитных двойных оксидов
18. Теория образования защитного оксида легирующего элемента
19. Жаростойкое легирование тугоплавких металлов

### **Лабораторная работа № 5:**

#### **Решение задач на тему «Электрохимическая коррозия. Кислородная деполяризация. Водородная деполяризация»**

Задания:

1. Алюминий находится в контакте с цинком. Какой из этих металлов будет окисляться, если эта пара попадет в кислую среду, например, в среду соляной кислоты?
2. Изделие из меди с оловянным покрытием находится во влажном воздухе. Какой из металлов будет корродировать при нарушении целостности покрытия? К какому типу покрытий относится в этом случае олово?

Указания по выполнению заданий 1,2:

Использовать алгоритм:

- 1) Определяем характер среды
  - 2) Составим схему коррозионной гальванопары/ гальванического элемента
  - 3) Укажем окислитель.
  - 4) Определим, какой из металлов будет являться анодом, а какой – катодом. Для этого сравним значения стандартных электродных потенциалов
  - 5) Укажем направление движения электронов, учитывая, что электроны движутся от анода к катоду, а от катода – к окислителю окружающей среды
  - 6) Запишем электронные уравнения процессов, протекающих на электродах, и составим суммарное уравнение:
  - 7) Составим молекулярное уравнение окислительно-восстановительной реакции, протекающей при коррозии
  - 8) Записываем вывод
3. Медная деталь разрушается в атмосфере кислорода при температуре 2000С. В чем заключается причина этого явления?

Указания по выполнению задания 3:

Использовать алгоритм:

- 1) Определяем характер среды
  - 2) Запишем уравнение процесса, протекающего при химической коррозии
  - 3) Записываем вывод
4. Задание для домашней работы: Подготовка презентаций по темам:
1. Поверхностное легирование
  2. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую коррозию металлов
  3. Температура
  4. Состав газовой среды
  5. Давление газов
  6. Высокотемпературная пассивация
  7. Скорость движение газовой среды
  8. Режим нагрева
  9. Состав сплава
  10. Структура металла

11. Деформация металла
12. Характер обработки поверхности металла
13. Защита от газовой коррозии
14. Химическая коррозия металлов в жидких средах
15. Коррозия металлов в неэлектролитах
16. Разрушение металлов в жидкометаллических теплоносителях
17. Взаимодействие твердых металлов с примесями в жидком металле
18. Кавитационно-эрозионное взаимодействие жидких металлов

### **Лабораторная работа (в форме семинара) № 6:**

#### **Химическая коррозия металлов**

Вопросы для обсуждения:

1. Поверхностное легирование
2. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую коррозию металлов
3. Температура
4. Состав газовой среды
5. Давление газов
6. Высокотемпературная пассивация
7. Скорость движение газовой среды
8. Режим нагрева
9. Состав сплава
10. Структура металла
11. Деформация металла
12. Характер обработки поверхности металла
13. Защита от газовой коррозии
14. Химическая коррозия металлов в жидких средах
15. Коррозия металлов в неэлектролитах
16. Разрушение металлов в жидкометаллических теплоносителях
17. Взаимодействие твердых металлов с примесями в жидком металле
18. Кавитационно-эрозионное взаимодействие жидких металлов

### **Лабораторная работа № 7:**

#### **Решение задач на тему «Электролиз при коррозии»**

Задания:

1. Составить схему электролиза нитрата свинца с угольными электродами.
2. Раствор содержит ионы  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ , и  $\text{Pb}^{2+}$  одинаковой концентрации. В какой последовательности будут разряжаться эти катионы при электролизе, если напряжение достаточно для выделения любого металла?
3. Написать уравнения реакций, протекающих на электродах при электролизе водного раствора хлорида никеля с никелевым анодом.

Указания по выполнению заданий 1,2:

Использовать алгоритм:

- 1) Определим состав электролита. Для этого запишем уравнение электролитической диссоциации соли

2) Составляем условную схему электролиза, на которой показываем распределение ионов в пространстве и ориентацию полярных молекул воды у поверхности электродов

3) На основании сравнения значений стандартных электродных потенциалов определяем частицы, участвующие в катодном процессе (восстановления)

4) Определяем частицы, участвующие в анодном процессе (окисления)

5) Составляем суммарное ионное, а затем – суммарное молекулярное уравнения процесса электролиза

4. Задание для домашней работы: Подготовка презентаций по темам:

1. Первые представления об электрохимическом механизме коррозии

2. Термодинамика электрохимической коррозии

3. Стационарные потенциалы металлов

4. Диаграммы Пурбе

5. Кинетика анодной реакции

6. Концентрационные ограничения анодной реакции и роль продуктов коррозии

7. Водородная деполяризация

8. Кислородная деполяризация

9. Коррозионные диаграммы

10. Расчет электрохимического процесса коррозии

11. Термодинамическая возможность и движущая сила процесса

12. Коррозионные потери металла и коррозионный ток

13. Показатели электрохимической коррозии металла

14. Аналитический расчет процесса

15. Графический расчет процесса

16. Контролирующий процесс

17. Характеристика контролирующего процесса

18. Основные практические случаи контроля электрохимических коррозионных процессов

19. Пассивность металлов

20. Определение пассивности металлов

21. Характеристика пассивного состояния металла

22. Пассиваторы и депассиваторы

23. Теория пассивности металлов

24. Перепассивация металлов

25. Обобщенная анодная поляризационная кривая

26. Особенности коррозии металлов в условиях возможного возникновения пассивности

27. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения пассивируемости

28. Внутренние факторы электрохимической коррозии металлов

29. Внешние факторы электрохимической коррозии металлов

### **Лабораторная работа (в форме семинара) № 8:**

#### **Электрохимическая коррозия металлов.**

Вопросы для обсуждения:

1. Первые представления об электрохимическом механизме коррозии

2. Термодинамика электрохимической коррозии
  3. Стационарные потенциалы металлов
  4. Диаграммы Пурбе
  5. Кинетика анодной реакции
  6. Концентрационные ограничения анодной реакции и роль продуктов коррозии
  7. Водородная деполяризация
  8. Кислородная деполяризация
  9. Коррозионные диаграммы
  10. Расчет электрохимического процесса коррозии
  11. Термодинамическая возможность и движущая сила процесса
  12. Коррозионные потери металла и коррозионный ток
  13. Показатели электрохимической коррозии металла
  14. Аналитический расчет процесса
  15. Графический расчет процесса
  16. Контролирующий процесс
  17. Характеристика контролирующего процесса
  18. Основные практические случаи контроля электрохимических коррозионных процессов
  19. Пассивность металлов
  20. Определение пассивности металлов
  21. Характеристика пассивного состояния металла
  22. Пассиваторы и депассиваторы
  23. Теория пассивности металлов
  24. Перепассивация металлов
  25. Обобщенная анодная поляризационная кривая
  26. Особенности коррозии металлов в условиях возможного возникновения пассивности
  27. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения пассивируемости
  28. Внутренние факторы электрохимической коррозии металлов
  29. Внешние факторы электрохимической коррозии металлов
- Обсуждение докладов.*

### **Лабораторная работа № 9:**

**Решение задач на тему: «Процессы коррозии различных металлов. Интенсивность коррозии»**

Задания:

1. Склепаны два металла. Укажите, какой из металлов подвергается коррозии:  
а)  $Mn - Al$  ; б)  $Sn - Bi$  .
2. Какие из нижеперечисленных металлов выполняют для свинца роль анодного покрытия:  $Pt, Al, Cu, Hg$  ?
3. Какие из нижеперечисленных металлов выполняют для свинца роль катодного покрытия:  $Ti, Mn, Ag, Cr$  ?
4. Укажите продукт коррозии при контакте  $Zn - Ni$  в нейтральной среде.
5. Укажите продукт коррозии при контакте  $Zn - Ni$  в кислой среде ( $HCl$ ).
6. Задание для домашней работы:

Подготовка презентаций по темам:

1. Коррозионно-механическое разрушение металлов
2. Влияние статистических напряжений на электрохимическое поведение сплавов
3. Влияние статистических напряжений на скорость коррозии
4. Коррозионное растрескивание
5. Коррозионная усталость
6. Коррозия при трении
7. Коррозия при кавитации
8. Локальная коррозия
9. Межкристаллитная коррозия
10. Контактная коррозия
11. Щелевая коррозия
12. Точечная (питтинговая) коррозия
13. Атмосферная коррозия
14. Классификация и механизм атмосферной коррозии
15. Конденсация влаги на поверхности корродирующего металла
16. Особенности атмосферной коррозии металлов и ее контролирующий процесс
17. Факторы атмосферной коррозии металлов
18. Методы защиты металлов от атмосферной коррозии
19. Подземная коррозия металлов
20. Почва и грунт как коррозионные растворы
21. Механизм и классификация подземной коррозии металлов
22. Контролирующий фактор и особенности грунтовой коррозии металлов
23. Влияние различных факторов на грунтовую коррозию металлов
24. Кинетика грунтовой коррозии металлов
25. Коррозия металлов блуждающими токами
26. Методы борьбы с подземной коррозией металлов
27. Морская коррозия металлов
28. Механизм и особенности морской коррозии металлов
29. Влияние различных факторов на морскую коррозию металлов
30. Способы защиты металлов от коррозии в морской воде
31. Коррозия металлов в расплавленных солях

#### **Лабораторная работа (в форме семинара) № 10:**

##### **Виды коррозии.**

Вопросы для обсуждения:

1. Коррозионно-механическое разрушение металлов
2. Влияние статистических напряжений на электрохимическое поведение сплавов
3. Влияние статистических напряжений на скорость коррозии
4. Коррозионное растрескивание
5. Коррозионная усталость
6. Коррозия при трении
7. Коррозия при кавитации
8. Локальная коррозия
9. Межкристаллитная коррозия
10. Контактная коррозия

11. Щелевая коррозия
12. Точечная (питтинговая) коррозия
13. Атмосферная коррозия
14. Классификация и механизм атмосферной коррозии
15. Конденсация влаги на поверхности корродирующего металла
16. Особенности атмосферной коррозии металлов и ее контролирующий процесс
17. Факторы атмосферной коррозии металлов
18. Методы защиты металлов от атмосферной коррозии
19. Подземная коррозия металлов
20. Почва и грунт как коррозионные растворы
21. Механизм и классификация подземной коррозии металлов
22. Контролирующий фактор и особенности грунтовой коррозии металлов
23. Влияние различных факторов на грунтовую коррозию металлов
24. Кинетика грунтовой коррозии металлов
25. Коррозия металлов блуждающими токами
26. Методы борьбы с подземной коррозией металлов
27. Морская коррозия металлов
28. Механизм и особенности морской коррозии металлов
29. Влияние различных факторов на морскую коррозию металлов
30. Способы защиты металлов от коррозии в морской воде
31. Коррозия металлов в расплавленных солях

#### **Лабораторная работа № 11:**

**Решение задач на тему: «Процессы коррозии различных металлов. Интенсивность коррозии»**

Задания:

1. Цинковую и железную пластинки опустили в раствор сульфата меди. Составьте электронные и ионно-молекулярные уравнения реакций, происходящих на каждой из этих пластинок. Какие процессы будут проходить на пластинках, если наружные концы их соединить проводником?

2. Как влияет pH среды на скорость коррозии железа и цинка? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов атмосферной коррозии этих металлов.

3. В раствор электролита, содержащего растворенный кислород, опустили цинковую пластинку и цинковую пластинку, частично покрытую медью. В каком случае процесс коррозии цинка проходит интенсивнее? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.

4. Какие свойства в окислительно-восстановительных реакциях проявляет серная кислота? Напишите уравнения реакций взаимодействия разбавленной серной кислоты с магнием и концентрированной - с медью. Укажите окислитель и восстановитель.

5. Чем существенно отличается действие разбавленной азотной кислоты на металлы от действия хлороводородной (соляной) и разбавленной серной кислот? Что является окислителем в первом случае, что - в двух других? Приведите примеры.

6. Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



7. Составьте электронные и молекулярные уравнения реакций: а) алюминия с раствором щелочи; б) бора с концентрированной азотной кислотой.

8. Какой процесс называют алюминотермией? Составьте электронные и молекулярные уравнения реакции, на которой основано применение термита (смесь  $Al$  и  $Fe_3O_4$ ).

9. Задание для домашней работы:

Подготовка презентаций по темам:

1. Металлические защитные покрытия
2. Гальванические покрытия
3. Термодиффузные покрытия
4. Метод погружения в расплавленный металл
5. Планирование
6. Металлизация напылением
7. Неметаллические защитные покрытия
8. Неорганические покрытия
9. Лакокрасочные покрытия
10. Покрытия смолами и пластмассами
11. Эмали
12. Ингибиторы коррозии и антикоррозийные смазки
13. Ингибиторы для растворов
14. Ингибиторы атмосферной коррозии
15. Антикоррозийные смазки
16. Обработка коррозионной среды
17. Электрохимическая защита
18. Катодная защита
19. Анодная защита
20. Консервация металлоизделий
21. Назначение консервации, условия хранения изделий
22. Классификация изделий, подвергаемых консервации
23. Средства и методы консервации
24. Типовые схемы консервации

### **Лабораторная работа (в форме семинара) № 12**

#### **Меры борьбы с коррозией металлов**

Вопросы для обсуждения:

1. Металлические защитные покрытия
2. Гальванические покрытия
3. Термодиффузные покрытия
4. Метод погружения в расплавленный металл
5. Планирование
6. Металлизация напылением
7. Неметаллические защитные покрытия
8. Неорганические покрытия
9. Лакокрасочные покрытия
10. Покрытия смолами и пластмассами
11. Эмали

12. Ингибиторы коррозии и антикоррозийные смазки
13. Ингибиторы для растворов
14. Ингибиторы атмосферной коррозии
15. Антикоррозийные смазки
16. Обработка коррозионной среды
17. Электрохимическая защита
18. Катодная защита
19. Анодная защита
20. Консервация металлоизделий
21. Назначение консервации, условия хранения изделий
22. Классификация изделий, подвергаемых консервации
23. Средства и методы консервации
24. Типовые схемы консервации

*Обсуждение докладов.*

### **Лабораторная работа № 13:**

#### **Решение задач на тему «Различные процессы коррозии металлов»**

Задания:

1. Подтвердить термодинамическую возможность газовой коррозии (высокотемпературного окисления) железного изделия при  $T = 800$  К в газовой смеси, парциальное давление кислорода в которой равняется 0,01 атм, если она сопровождается образованием на поверхности изделия оксида FeO. Вычислить парциальное давление кислорода, ниже которого коррозия прекратится при заданной температуре, а также определить температуру, выше которой коррозия станет невозможной при стандартных состояниях компонентов.
2. Расчетами ЭДС  $E_{298}$  коррозионного элемента и энергии Гиббса  $\Delta_r G_{298}$  коррозионного процесса подтвердите возможность электрохимической коррозии при температуре 298,15 К изделия из никеля, находящегося в деаэрированной воде с pH = 7. Предполагается, что коррозия протекает в выделение водорода и образованием Ni(OH)<sub>2</sub>, произведение растворимости которого при  $T = 298,15$  К составляет  $1,6 \cdot 10^{-14}$ .
3. Изделие из оцинкованного железа подверглось электрохимической коррозии в водном растворе с pH = 10. При этом поглотилось 280 мл O<sub>2</sub> и выделилось 112 мл H<sub>2</sub>, измеренных при н.у. Приведите уравнения анодного и катодного процессов. Рассчитайте массы проржавевшего при этом металла и образовавшихся продуктов.
4. Деталь состоит из сплава магния и марганца. Какой металл будет быстрее разрушаться при коррозии? Запишите уравнения анодного и катодного процессов при коррозии в кислой среде. Значения стандартных электродных потенциалов  $E(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37\text{В}$ ,  $E(\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}) = -1,18\text{В}$ .
5. Деталь состоит из сплава железа и никеля. Какой металл будет быстрее разрушаться при коррозии? Запишите уравнения анодного и катодного процессов при атмосферной коррозии. Значения стандартных электродных потенциалов  $E(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,444\text{В}$ ,  $E(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,250\text{В}$ .

**Решение задач на тему «Описание процесса коррозии металла и составление схемы гальванического элемента.»**



6. Опишите процесс коррозии железной пластинки с включениями меди, опущенной в раствор соляной кислоты. Приведите схему образующегося при этом гальванического элемента.

7. Хром находится в контакте с медью. Какой из металлов будет окисляться при коррозии, если пара металлов находится в кислой среде (в соляной кислоте). Приведите схему образующегося при этом гальванического элемента.

8. Опишите коррозионное поведение латуни (сплав цинка с медью) в кислой среде.

9. Опишите коррозионное поведение стали (сплав железа с углеродом) во влажной атмосфере воздуха.

**Решение задачи на тему «Определение катодного и анодного типа защиты металла от коррозии»**

10. Опишите коррозионное поведение луженого и оцинкованного железа во влажной атмосфере воздуха. Какое железо (луженое или оцинкованное) более надежно защищено от коррозии.

11. Задание для домашней работы:

Подготовка презентаций по темам:

1. Цель коррозионных исследований
2. Классификация методов коррозионных исследований
3. Показатели коррозии металлов
4. Десятибальная шкала коррозионной стойкости металлов
5. Сравнительность коррозионных исследований
6. Лабораторные методы исследований
7. Методы изучения пленок на металлах
8. Методы исследований металлов на газовую коррозию
9. Общие методы исследований коррозии металлов в электролитах
10. Специальные методы исследований коррозии металлов в растворах
11. Электрохимические методы исследований металлов в растворах
12. Внелабораторные и эксплуатационные исследования
13. Исследования в атмосфере
14. Исследования в море
15. Исследования в грунте
16. Исследования в заводской аппаратуре
17. Эксплуатационные исследования
18. Экологические проблемы коррозии металлов

*Обсуждение докладов.*

**Лабораторная работа (в форме семинара) № 14**

**Методы коррозионных исследований**

Вопросы для обсуждения:

Общая характеристика методов коррозионных исследований

1. Цель коррозионных исследований
2. Классификация методов коррозионных исследований
3. Показатели коррозии металлов
4. Десятибальная шкала коррозионной стойкости металлов
5. Сравнительность коррозионных исследований

6. Лабораторные методы исследований
  7. Методы изучения пленок на металлах
  8. Методы исследований металлов на газовую коррозию
  9. Общие методы исследований коррозии металлов в электролитах
  10. Специальные методы исследований коррозии металлов в растворах
  11. Электрохимические методы исследований металлов в растворах
  12. Внелабораторные и эксплуатационные исследования
  13. Исследования в атмосфере
  14. Исследования в море
  15. Исследования в грунте
  16. Исследования в заводской аппаратуре
  17. Эксплуатационные исследования
  18. Экологические проблемы коррозии металлов
- Защита презентаций.

## 5. Темы дисциплины для самостоятельного изучения

Химическая коррозия металлов	Составление плана-конспекта
Электрохимическая коррозия металлов	Составление плана
Виды коррозии	Составление плана
Меры борьбы с коррозией металлов	Составление плана
Методы коррозионных исследований	Составление плана

### Вопросы для самоконтроля.

1. Термодинамика и кинетика химической коррозии металлов и сплавов. Теории химической коррозии.
2. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую коррозию металлов.
3. Теория электрохимической коррозии. Диаграммы Пурбе. Кислородная и водородная деполяризация. Коррозионные диаграммы.
4. Расчёт электрохимического процесса коррозии. (аналитический и графический методы расчёта). Основные практические случаи контроля электрохимических коррозионных процессов.
5. Теория пассивности металлов. Особенности коррозии металлов в условиях возникновения пассивности.
6. Внешние и внутренние факторы электрохимической коррозии металлов.
7. Виды коррозии металлов. Коррозия металлов в разных коррозионных средах. Коррозия основных конструкционных металлов и сплавов.
8. Меры борьбы с коррозией металлов. Меры воздействия на металл. Защита металлов ингибиторами коррозии. Электрохимическая защита металлических изделий. Меры воздействия на коррозионную среду.
9. Методы коррозионных исследований. Цель. Классификация. Сравнение методов коррозионных исследований.
10. Теория Вагнера–Хауффа.
11. Теория А.А. Смирнова.
12. Теория В.В. Тихомирова.

## **6. Образовательные технологии дисциплины «Теория и методы защиты от коррозии нефтегазовых объектов».**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

**Лекции:** вводная лекция, лекция-информация, проблемная лекция, лекция-беседа. При проведении лекционных занятий используется аудиовизуальные, компьютерные и мультимедийные средства обучения Университета, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные (в том числе раздаточные) материалы.

**Практические занятия:** Ситуация-упражнение, Круглый стол (дискуссия, дебаты), Деловые и ролевые игры Case-study (анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ), технология проблемного обучения, технология учебного исследования. Работа на технологическом оборудовании. Практические работы проводятся с использованием компьютерного оборудования Университета.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Виды учебных занятий	Содержание	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
		ЗФО			
1	Введение в дисциплину.	Лекция 1.	Определение термина «коррозия металлов». Значение коррозии и защиты металлов для народного хозяйства и экологии. Задачи и научные основы курса. Роль термодинамики и кинетики в учении о коррозии и защите металлов.	<b>Знать:</b> причины возникновения химической и электрохимической коррозии; <b>Уметь:</b> применять теоретические знания к решению практических и исследовательских задач по коррозии металлов и сплавов в различных коррозионных средах (в водных, атмосферных, в подземных условиях). <b>Владеть:</b> методами обработки экспериментальных результатов; представлениями об экологическом аспекте процессов коррозии; методами поиска научной информации в базах данных и сетях интернета, применением знаний в профессиональной деятельности.	Вводная лекция – информация с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором.
		Лабораторное занятие 1.	Классификация коррозионных веществ.		Решение задач, развернутая беседа с обсуждением доклада
		Самостоятельная работа			Консультирование у преподавателя, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет
2	Химическая коррозия металлов	Лекция 1.	Термодинамика химической коррозии металлов. Пленки на металлах. Кинетика химической коррозии металлов. Окисление сплавов. Теория жаростойкого легирования. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую	<b>Знать:</b> причины возникновения химической и электрохимической коррозии; основные приёмы и методы защиты от коррозии (изменение свойств коррозионной среды, защитные покрытия, электрохимическая защита). <b>Уметь:</b> производить расчёты коэффициента торможения <b>Владеть:</b> сведениями о процессах коррозии <i>технических</i> металлов, содержащих примеси других металлов и	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором.
		Лабораторное занятие 1.	жаростойкого легирования. Влияние внешних и внутренних факторов на химическую		Развернутая беседа с обсуждением доклада, решение задач, тестирование

		Самостоятельная работа	коррозию металлов. Химическая коррозия металлов в жидких средах	неметаллических веществ; сведениями об основных направлениях способов защиты от коррозии, определяемых их эффективностью.	Консультирование и проверка домашних заданий посредством защиты презентаций
3	Электрохимическая коррозия металлов	Лекция 2.	Механизм электрохимической коррозии металлов.	<b>Знать:</b> общие характеристики процессов электрохимического растворения и пассивности металлов; <b>Уметь:</b> грамотно формулировать и решать задачи при изучении коррозии металлов; <b>Владеть:</b> сведениями о процессах коррозии <i>технических</i> металлов	Лекция-информация
		Лабораторное занятие 2.	Поляризация электродных процессов. Анодный процесс электрохимической коррозии металлов .		Развернутая беседа с обсуждением доклада, решение задач исследовательский метод, словарный диктант
		Самостоятельная работа	Коррозионные процессы с кислородной деполяризацией. Коррозионные процессы с водородной деполяризацией. Расчет электрохимического коррозионного процесса. Пассивность металлов. Внутренние факторы электрохимической коррозии металлов. Внешние факторы электрохимической коррозии металлов.		Проработка и повторение лекционного материала, дистанционное консультирование и проверка выполнения реферата
4	Виды коррозии	Лекция 2.	Атмосферная коррозия металлов. Подземная коррозия металлов.	<b>Знать:</b> прямые и косвенные показатели коррозии, наиболее часто применяемые на практике; виды и характер коррозионных поражений и разрушений;	Лекция-дискуссия с использованием информационных технологий

		Лабораторное занятие 2.	Морская коррозия металлов. .Коррозия металлов в расплавленных солях. Некоторые виды местной электрохимической коррозии металлов и сплавов. Щелевая коррозия. Точечная (питтинговая) коррозия. Межкристаллитная коррозия.	<b>Уметь:</b> определять возможность рационального использования различных методов и химических материалов в практике защиты металлов от коррозии; проводить расчёты основных показателей коррозии и степени коррозионных разрушений по известным формулам и уравнениям; <b>Владеть:</b> представлениями об основных направлениях способов защиты металлов от коррозии;	письменный опрос, обучение на основе опыта, тест-контроль
		Самостоятельная работа			Проработка и повторение лекционного материала
5	Меры борьбы с коррозией металлов	Лекция 3.	Меры воздействия на металл. Защита металлов ингибиторами коррозии.	<b>Знать:</b> основные проблемы, связанные с коррозионными потерями (материальными и затратами природных ресурсов), а также экологические;	Лекция с использованием видеоматериалов
		Лабораторное занятие 3.	Электрохимическая защита металлических изделий. Меры воздействия на коррозионную среду. Меры воздействия на конструкцию.	<b>Уметь:</b> классифицировать процессы коррозии металлов и сплавов; применять основные закономерности протекания химических процессов к процессам коррозии; уметь пользоваться научной и справочной литературой по коррозии и защите металлов и сплавов <b>Владеть:</b> основными понятиями и теоретическими представлениями о химической и электрохимической коррозии металлов; видах коррозии и основных способах защиты от неё	Решение задач. Исследовательский метод, словарный диктант
		Самостоятельная работа			Консультирование и проверка домашних заданий посредством защиты презентаций

6	Методы коррозионных исследований	Лекция 3.	1. Общая характеристика методов коррозионных исследований. Цель коррозионных исследований. Классификация методов коррозионных исследований. Показатели коррозии металлов. Десятибальная шкала коррозионной стойкости металлов. Сравнительность коррозионных исследований.	<p><b>Знать:</b> цели, принципы, задачи и основные методы коррозионных исследований; взаимосвязь строения химических веществ и протекание химических процессов с их участием;</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать возможность протекания химических реакций, исходя из свойств химических соединений; определять области устойчивой пассивности металлов и сплавов на поляризационной диаграмме коррозии;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками аналитического описания характера коррозионных поражений и разрушений; инструментальными методами химического эксперимента; способностью проводить оценку возможных рисков при работе с химическими материалами; способами интерпретации полученных результатов</p>	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором.
		Лабораторное занятие 3.			Развернутая беседа с обсуждением доклада, решение задач
		Самостоятельная работа			Консультирование и проверка домашних заданий посредством защиты презентаций
	Итого	6			Лекции (часы)
		6			Практ. раб(часы)
		56			Сам. раб.(часы)

## **7. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Для текущего контроля могут применяться кейс-ситуации, тесты, соответствующие содержанию тем разделов или доклады презентации по индивидуальным заданиям.

### **«КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ»**

Тип кейса: обучающий

Содержание кейса

В начале XX века из Нью-Йоркского порта вышли в открытый океан красавица-яхта. Её владелец, американский миллионер, не пожалел денег, чтобы удивить свет. Корпус был сделан из очень дорогого в то время алюминия, листы которого скреплялись медными заклепками. Это было красиво-сверкающий серебристым блеском корабль, усеянный золотистыми головками заклепок! Однако через несколько дней обшивка корпуса начала расходиться, и яхта пошла быстро ко дну.

Задания.

1. Что же случилось с яхтой? Предложите свой способ спасения яхты.
2. Исследуйте свою квартиру, дом и установите, где использованы антикоррозионные покрытия. Постройте классификацию антикоррозионных покрытий на основании областей их применения.
3. Найдите дополнительную информацию о коррозии и способах борьбы с ней.
4. Отчет о проделанной работе предоставить в произвольной форме.

Информационный материал

Коррозией металлов называется их разрушение вследствие химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой.

Химической коррозией называется процесс разрушения металлов без электрического тока, происходящий в среде сухих газов или в жидкостях, не проводящих электрический ток. Химической коррозии подвергаются поверхности корпусных конструкций при соприкосновении с перевозимыми нефтепродуктами, солью, углем и другими минералами.

Наибольшие коррозионные разрушения наблюдаются на танках, вмещающих светлые сорта нефтепродуктов — бензины, керосины и т. п., — от воздействия на металл корпуса сернистых соединений и различных кислотных остатков, входящих в их состав.

Электрохимической коррозией является процесс разрушения металла при соприкосновении его с жидкостями, проводящими электрический ток (электролитами). Это разрушение происходит на границе между металлом и жидкостью и вызвано электрохимической реакцией, возникающей между ними, аналогично явлению, протекающему в гальваническом элементе. Таким электролитом по своему химическому составу является морская вода. Металлический же корпус судна, представляющий собой неоднородный по структуре материал, образует большое количество микрогальванических пар, являющихся анодами, с участков которых металл, корродируя, переходит в раствор.

В судостроении наибольшие потери металлов от корродирования происходят вследствие электрохимической коррозии, влияние на которую оказывает состав морской воды (наличие в ней солей и содержание кислорода).

Известно, что введение, например, в сталь легирующих элементов повышает ее антикоррозионную стойкость.

Рассматривая коррозионные разрушения корпуса, можно обнаружить следующую закономерность: наибольшему разрушению подвергается наружная обшивка корпуса в



районах грузовой ватерлинии и действия гребных винтов, верхняя палуба у бортов, концевые поперечные переборки, палубы трюмов в районе льял, сварные швы и головки заклепок.

Методами борьбы с коррозией корпуса судна являются: выбор металла, обладающего наибольшей коррозионной стойкостью в определенных условиях эксплуатации судна; применение легированных сталей; нанесение на поверхность металла различных покрытий — гальванизация, металлизация и плакирование металлом (цинком, никелем, хромом и др.), лакокрасочные покрытия и установка электрохимической (катодной и протекторной) защиты, а также исключение контактов стальных конструкций с деталями из других сплавов, в первую очередь с цветными металлами.

Наиболее эффективным способом борьбы с коррозией судового корпуса является электрохимический способ, заключающийся в установке в районе предполагаемого коррозионного разрушения проекторов — металлических накладок из магниево-алюминиевого сплава или цинка, электрический потенциал которого ниже потенциала защищаемого металла. Этот способ основан на разнице электрических потенциалов металла (катода), подвергающегося коррозии, и протектора (анода).

Кроме коррозионного разрушения, на наружной обшивке в районе гребных винтов наблюдаются внешне схожие разрушения металла в виде скопления на поверхности углублений и язвочек. Такое разрушение называется эрозией металла.

Эрозия металла происходит от механического воздействия на поверхность металла быстро движущихся частиц жидкостей, песчинок твердых тел, взвесей, газовых пузырьков и т. п. Интенсивность эрозионного разрушения зависит от однородности структуры и твердости металла. Для увеличения эрозионной стойкости в металл корпуса вводят легирующие компоненты, повышающие его прочность и антикоррозионную стойкость, производят поверхностное упрочение, закалку и проводят другие мероприятия.

Коррозия приводит к большим объемам корпусных ремонтных работ. Обрастание корпуса и коррозия требуют периодических работ для уменьшения шероховатости наружной обшивки. Химическая коррозия (окисление) характерна для незащищенных надводных стальных конструкций.

Более опасна электрохимическая коррозия, сущность которой состоит в следующем: при размещении в электролите двух элементов с разными электрическими потенциалами между ними начинает протекать электрический ток от элемента с более низким потенциалом (анода) к элементу с более высоким потенциалом (катоде). Процесс сопровождается разрушением анода. Морская вода является электролитом, стальная наружная обшивка корпуса — анодом, а ее окалина, разнородные шлаковые и газовые включения, бронзовые гребные винты, втулки дейдвудных подшипников и др. катодом.

Наиболее интенсивно распространяется электрохимическая коррозия по наружной обшивке в районе переменной ватерлинии, у кормового подзора, в местах установки донной арматуры, в районе сварных швов. Усиленно корродируют якорные цепные ящики, льяла, двойное дно, ватервейс, настилы под деревянными покрытиями и у комингсов люков, прачечные, душевые и т. п. Для защиты наружной обшивки от коррозии и обрастания применяют противообрастающие покрытия, которые можно разделить на четыре группы: обычные, долгосрочные, самовосстанавливающиеся и само полирующиеся.

Обычные покрытия типа ХВ-53 работоспособны в течение 12-14 мес, долгосрочные — 16-24 мес, самовосстанавливающиеся — 2,5-5 лет, само полирующиеся покрытия (СПК), основанные на медленно растворяющихся в воде органических акриловых сополимерах

(выделяющих при этом токсичные вещества) и образующие пленку повышенной гладкости, до 30 мес. К само полирующимся относится покрытие «Хидрон», которое набухает, поглощая до 70-80 % воды от своей массы, и сглаживает поверхность.

В последние годы разработано много устройств ультразвуковой защиты от обрастания, заставляющих обшивку корпуса слабо вибрировать, что не позволяет морским организмам и водорослям прикрепляться к ее поверхности. Для уменьшения коррозии цистерн в балластную воду и некоторые нефтепродукты добавляют специальные ингибиторы (замедлители), отдельные конструкции и узлы, трубопроводы выполняют из нержавеющей стали, поверхности определенных деталей оксидируют для образования прочной и плотной пленки окислов (обычно применяют фосфатирование).

При протекторной защите к наружной обшивке корпуса на приварных шпильках крепят изготовленные из сплавов на алюминиевой основе протекторы, являющиеся по отношению к обшивке анодом. Радиус действия протекторов ограничен. Более эффективна катодная защита, при которой в определенных районах наружной обшивки на изолированном стеклопластиком участке крепят железокремниевые или платинотитановые экраны.

Положительный полюс судового источника постоянного тока подводят к экрану (анод), отрицательный — к корпусу судна (катод). Защиту многих деталей, трубопроводов от коррозии обеспечивают цинкованием, хромированием и т. п. В последнее время получила распространение профилактическая и преддоковая очистка корпусов судов под водой. В первом случае удаляется только обрастание, а во втором — вместе с обрастанием снимается и старая краска.

Сущность очистки с помощью механического очистного органа заключается в воздействии на очищаемую поверхность пучков стальных проволок, шарошек, пластинок, скребков, ударников, которые подвергают наслоения удару, срезанию, царапанию, рыхлению и частичному заглаживанию. Наиболее распространенными средствами механизации очистки на отечественных заводах являются агрегаты с механическим рабочим органом в виде щеточных и шарошечных барабанов.

Создание эффективных и надежных дробеструйных и дробеметных агрегатов с замкнутым циклом регенерации дроби требует серьезной конструкторско-технологической проработки. Получил распространение гидродинамический способ, использующий подаваемую под давлением воду в качестве средства очистки и повышающий качество очистки. Эффективность очистки повышается за счет совместного использования динамического и кавитационного воздействия высоконапорной затопленной струи воды на обрабатываемую поверхность. При истечении высоконапорной затопленной (при подводной очистке) струи из насадки со скоростью 32 м/с и более при давлении 0,6 МПа и более образуется кавитационная зона, заполненная выделившимися из жидкости в процессе ее расширения газами и парами.

#### Практическое использование ряда напряжений

Ряд напряжений используется на практике для сравнительной оценки химической активности металлов в реакциях с водными растворами солей и кислот и для оценки катодных и анодных процессов при электролизе:

Металлы, стоящие левее, являются более сильными восстановителями, чем металлы, расположенные правее: они вытесняют последние из растворов солей. Например, взаимодействие  $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$  возможно только в прямом направлении.

Металлы, стоящие в ряду левее водорода, вытесняют водород при взаимодействии с

водными растворами кислот — неокислителей; наиболее активные металлы (до алюминия включительно) — и при взаимодействии с водой.

Металлы, стоящие в ряду правее водорода, с водными растворами кислот — неокислителей при обычных условиях не взаимодействуют.

При электролизе металлы, стоящие правее водорода, выделяются на катоде; восстановление металлов умеренной активности сопровождается выделением водорода; наиболее активные металлы (до алюминия) невозможно при обычных условиях выделить из водных растворов солей.

## **Пример тестов для текущего контроля успеваемости студента**

### **ВАРИАНТ 1.**

1. Наиболее активно корродирует:

- 1) химически чистое железо; 2) железо в отсутствии влаги;
- 3) техническое железо во влажном воздухе; 4) техническое железо в растворе электролита.

2. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов:

- 1) на катоде идёт окисление; 2) на аноде идёт восстановление; 3) более активный металл является анодом; 4) более активный металл является катодом.

3. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов железа и меди в кислой среде:

- 1) на аноде идёт растворение железа; 2) на аноде идёт растворение меди; 3) на аноде идёт восстановление кислорода до гидроксид-ионов;
- 4) на аноде идёт восстановление катионов водорода до молекулярного водорода.

4. Для получения металлических покрытий железа используются металлы, которые по сравнению с железом :

- 1) более активны; 2) и более активные, и менее активные; 3) менее активные;
- 4) металлы не используются;

5) При подготовке воды, поступающей в котельные установки, её подвергают деаэрации для удаления из неё:

- 1) азота; 2) водорода; 3) кислорода; 4) аргона.

### **ВАРИАНТ 2**

1. Наиболее активно корродирует:

- 1) техническое железо; 2) химически чистое железо; 3) железо, покрытое слоем олова; 4) сплав железа с хромом и никелем.

2. . В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов

- 1) на аноде идёт восстановление; 2) на катоде идёт окисление; 3) менее активный металл является анодом; 4) менее активный металл является катодом.

3. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов железа и меди в кислой среде:

1) на катоде идёт растворение железа; 2) на катоде идёт восстановление катионов водорода до молекулярного водорода; 3) на катоде идёт восстановление кислорода до гидроксид-ионов; 4) на катоде идёт растворение меди.

4. При лужении железа оно покрывается тонким слоем :

1) меди; 2) цинка; 3) олова; 4) никеля.

5. Ингибитором при хранении соляной кислоты служат производные:

1) анилина; 2) бутиламина; 3) аланина; 4) ванилина.

#### ВАРИАНТ 4

1. Электрохимическую коррозию металлов вызывает:

1) контакт металла с кислородом; 2) контакт металла с оксидом серы;  
3) контакт с другими металлами; 4) контакт металла с водой.

2. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов:

1) на аноде идёт восстановление; 2) на катоде идёт восстановление;  
3) более активный металл является катодом; 4) менее активный металл является анодом.

3. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов железа и меди в щелочной или нейтральной среде:

1) на катоде идёт восстановление катионов водорода до молекулярного водорода; 2) на катоде идёт растворение железа; 3) на катоде идёт растворение меди; 4) на катоде идёт восстановление кислорода до гидроксид-ионов.

4. Для протекторной защиты стальных изделий используют протекторы:

1) Mg и Zn; 2) Al и Cu; 3) Ca и Sn; 4) Co Cr.

5. К электрохимическим методам защиты металлов от коррозии относятся:

1) никелирование; 2) шлифование; 3) воронение; 4) катодная защита.

#### ВАРИАНТ 3

1. Химическую коррозию вызывают:

1) кислород; 2) все перечисленные вещества; 3) хлор; 4) оксиды серы.

2. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов:

1) на аноде идёт окисление; 2) на катоде идёт окисление; 3) более активный металл является катодом; 4) менее активный металл является анодом.

3. В случае электрохимической коррозии находящихся в контакте металлов железа и меди в щелочной или нейтральной среде

1) на аноде идёт восстановление кислорода до гидроксид-ионов;  
2) на аноде идёт растворение меди; 3) на аноде идёт растворение железа; 4) на аноде идёт восстановление катионов водорода до молекулярного водорода.

4. В качестве лигирующих добавок при получении нержавеющей сталей используют:

1) Zn и Mn; 2) Ag и Au ; 3) Ni и Cu; 4) Cr и Ni

5. Ингибитором при перевозке серной кислоты в железных цистернах служит

1) азотная кислота; 2) уксусная кислота; 3) сернистая кислота;  
4) соляная кислота.

#### Вариант 4

**A1.** Коррозию металлов и сплавов вызывает

1. вода и кислород
2. оксиды углерода и серы
3. растворы солей
4. все перечисленные компоненты

**A2.** Наиболее сильно металл корродирует

1. в растворе хлорида натрия
2. в кипяченой дистиллированной воде
3. в сухом воздухе
4. в дистиллированной воде

**A3** Покрытие луженого железа

1. 1) Mg
1. Zn
2. Sn
3. Cu

**A4.** Вещества, введение которых уменьшает агрессивность среды, называют

1. катализаторы коррозии
2. активаторы коррозии
3. ингибиторы коррозии
4. протектор

**A5.** Более активный металл, предотвращающий коррозию менее активного металла, называется

1. катализатор коррозии
2. активатор коррозии
3. ингибитор коррозии
4. протектор

**A6** Для защиты стальных корпусов морских судов обычно используют

1. Na
2. Zn
3. Cu
4. Fe

## **Часть В (задания с кратким ответом)**

**B1.** Расставьте факторы, влияющие на коррозию металла, в порядке увеличения эффекта коррозии: 1) дистиллированная вода, 2) сухой воздух, 3) раствор хлорида натрия, 4) кипяченая дистиллированная вода. Ответ дайте в виде последовательности цифр.

**B2.** Установите соответствие между процессом и типом коррозии. Ответ дайте в виде последовательности цифр, соответствующих буквам по алфавиту.

**ПРОЦЕСС ТИП КОРРОЗИИ**

А)  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 1)$  химическая  
=  $4\text{Fe}(\text{OH})_3$  коррозия

Б) растворение цинка при 2) электрохимическая  
контакте цинка и железа коррозия

В) коррозия железа в  
присутствии олова

Г)  $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$

**Промежуточный контроль знаний студентов: основные термины и определения (гlossарий)**

Защитные покрытия — тонкие пленки, искусственно создаваемые на поверхности

металла для защиты от коррозии. Металлические покрытия наносятся либо в гальванических ваннах при пропускании постоянного тока, либо в печах при высокой температуре; неметаллические лакокрасочные покрытия содержат раствор полимера в органическом растворителе с различными присадками

Индикаторы — вещества, позволяющие по изменению цвета или других свойств раствора устанавливать конечные точки при титровании; применяются при анализе соединений

Катализ — изменение скорости химической реакции в присутствии веществ, ускоряющих или замедляющих процесс путем образования промежуточных соединений с реагентами; такие вещества, называемые катализаторами, после проведения реакции остаются в неизменном виде. Каучуки синтетические — высокополимерные материалы — эластомеры (полибутадиен, полиизопрен и их сополимеры), предназначенные для получения резины

Кинетика химическая — учение о скоростях химических реакций. Под кинетикой реакции понимают зависимость скорости данной реакции от давления, температуры, концентрации реагентов и других параметров

Коррозия - процесс разрушения материала в результате химического или физического воздействия. Различают электрохимическую, химическую и биологическую коррозии.

Блуждающие токи - электрические токи, протекающие в земле при использовании ее в качестве токопроводящей среды.

Блуждающие токи вызывают коррозию металлических предметов в земле, приводящую к их разрушению.

Коррозия строительного материала - необратимый процесс ухудшения характеристик и свойств строительного материала в конструкции в результате химического и/или физико-химического и/или биологического воздействий или процессов в самом материале.

Межкристаллитная коррозия - коррозия, происходящая без видимого внешнего разрушения металла вследствие того, что коррозионный процесс идет в основном по границам зерен кристаллов.

Электрохимическая коррозия - коррозия, вызванная потоком электронов между катодной и анодной областями металлической поверхности.

Количественный анализ — раздел аналитической химии, в задачу которого входит определение количества элементов, радикалов и функциональных групп в исследуемом веществе. Колориметрический анализ — физико-химический метод, основанный на установлении концентрации окрашиваемого вещества по интенсивности и оттенку окраски

Металлоорганические соединения — соединения, содержащие одну или более связей металл — углерод

Минералы — простые и сложные неорганические вещества, образовавшиеся в результате происходящих в природе физико-химических процессов

Мономеры — низкомолекулярные соединения, содержащие реакционноспособные группы или двойные связи. Применяются для синтеза полимеров

Окисление органических соединений — введение в молекулу атомов кислорода или отщепление атомов водорода

Пластификаторы — органические соединения, придающие пластичность полимерам и расширяющие интервал их высокоэластического состояния, например эфиры фталевой,

фосфорной, адипиновой кислот. Пластические массы — материалы на основе высокомолекулярных соединений. Различают термопластичные (на основе линейных полимеров — полистирола, поливинилхлорида и т. д.) и термоактивные (на основе эпоксидных, фенолформальдегидных и др. смол) пластические массы

Поверхностноактивные вещества — вещества, способные адсорбироваться на поверхностях раздела фаз и понижать вследствие этого их поверхностное натяжение

Промоторы — вещества, добавление которых к катализатору увеличивает его активность

Равновесие химическое — состояние реакционной системы, в которой химическая реакция происходит одновременно в двух противоположных направлениях с одинаковой скоростью

**Текущий контроль знаний студентов: примерные индивидуальные задания.**

1. Цель коррозионных исследований
2. Классификация методов коррозионных исследований
3. Показатели коррозии металлов
4. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов
5. Сравнительность коррозионных исследований
6. Лабораторные методы исследований
7. Методы изучения пленок на металлах
8. Методы исследований металлов на газовую коррозию
9. Общие методы исследований коррозии металлов в электролитах
10. Специальные методы исследований коррозии металлов в растворах
11. Электрохимические методы исследований металлов в растворах
12. Внелабораторные и эксплуатационные исследования
13. Исследования в атмосфере
14. Исследования в море
15. Исследования в грунте
16. Исследования в заводской аппаратуре
17. Эксплуатационные исследования
18. Экологические проблемы коррозии металлов

**Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине «Теория и методы защиты от коррозии нефтегазовых объектов»**

1. Химическая коррозия в жидких средах.
2. Особенности атмосферной коррозии металлов и её контролирующий процесс. Факторы, влияющие на атмосферную коррозию металлов.
3. Влияние внешних факторов на газовую коррозию металлов.
4. Контактная и биологическая коррозия металлов. Классификация и механизм атмосферной коррозии металлов.
5. Влияние внутренних факторов на газовую коррозию металлов.
6. Влияние кислотности, температуры и давления на электрохимическую коррозию металлов.
7. Теория жаростойкого легирования.
8. Влияние кристаллографического фактора, механического фактора, состава и концентрации коррозионной среды на электрохимическую коррозию металлов.

9. Влияние природы металла, состава, структуры сплава, состояния поверхности металла на электрохимическую коррозию.
10. Механизм химической коррозии металлов.
11. Плёнки на металлах. Кинетика химической коррозии.
12. Защита металлов от коррозии с кислородной деполяризацией. Особенности коррозии металлов в условиях возникновения пассивности. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения их пассивности.
13. Показатели коррозии. Теории химической коррозии. Термодинамика химической коррозии. Адсорбция кислорода на металле.
14. Пассиваторы и депассиваторы. Теория пассивности металлов.
15. Водородная деполяризация.
16. Ингибиторы коррозии и антикоррозионные смазки.
17. Стационарные электродные потенциалы.
18. Контролирующий фактор и особенности грунтовой коррозии металлов. Агрессивность почвы. Методы борьбы с подземной коррозией металлов.
19. Коррозионные диаграммы.
20. Показатели коррозии металлов. Шкала коррозионной стойкости металлов.
21. Электрохимическая защита.
22. Кислородная деполяризация.
23. Кинетика электродных реакций.
24. Методы борьбы с коррозией металлов: воздействие на металл, воздействие на среду, воздействие на конструкцию.
25. Межкристаллитная и щелевая коррозия.
26. Диаграммы Турбе.
27. Термодинамика электрохимической коррозии металлов.
28. Методы защиты металлов от атмосферной коррозии. Почва и грунт как коррозионные электролиты. Механизм и классификация подземной коррозии металлов.
29. Проблема коррозии. Термодинамика и кинетика коррозии. Классификация коррозии.
30. Пассивность металлов.
31. Показатели коррозии. Теория химической коррозии металлов. Адсорбция кислорода на металле.
32. Защита металлов от коррозии с кислородной деполяризацией. Особенности коррозии металлов в условиях возникновения пассивности. Повышение коррозионной стойкости металлов и сплавов на основе повышения их пассивности.
33. Влияние кислотности, температуры и давления на электрохимическую коррозию металлов.

#### 8. Система оценивания планируемых результатов обучения

Форма контроля	За одну работу		Всего
	Миним. баллов	Макс. баллов	
Текущий контроль:			
- лабораторная работа 1	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 2	0 баллов	2 баллов	
- лабораторная работа 3	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 4	0 баллов	2 баллов	



- лабораторная работа 5	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 6	0 баллов	2 баллов	
- лабораторная работа 7	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 8	0 баллов	2 баллов	
- лабораторная работа 9	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 10	0 баллов	2 баллов	
- лабораторная работа 11	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 12	0 баллов	2 баллов	
- лабораторная работа 13	3 баллов	5 баллов	
- лабораторная работа 14	0 баллов	3 баллов	
Промежуточная аттестация (зачёт)			50 баллов
<b>Итого за семестр (дисциплину) экзамен</b>			<b>100 баллов</b>

## 9 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1 Основная литература

1. Коррозия и защита металлов : учебное пособие для вузов / О. В. Ярославцева [и др.] ; под научной редакцией А. Б. Даринцевой. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 89 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05862-8 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1415-7 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/441688>

2. Пучков, Ю. А. Теория коррозии и методы защиты металлов : методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю. А. Пучков, М. Р. Орлов, С. Л. Березина. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. — 68 с. — ISBN 978-5-7038-3850-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/31643.html>

3. Шингаркина О.В. Антикоррозионная защита нефтегазового оборудования и сооружений : учебное пособие / Шингаркина О.В., Лаптев А.Б.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 128 с. — ISBN 978-5-9729-1007-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124001.html>

### 9.2 Дополнительная литература

1. Ившин Я.В. Защита нефтегазового оборудования ингибиторами коррозии. Методы испытаний эффективности и физико-химических параметров ингибиторов коррозии : учебно-методическое пособие / Ившин Я.В., Лестев А.Е.. — Казань : Издательство КНИТУ, 2022. — 92 с. — ISBN 978-5-7882-3192-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/129131.html>

2. Шингаркина О.В. Коррозия и защита наружной поверхности стальных трубопроводов в природных средах : учебное пособие / Шингаркина О.В., Лаптев А.Б.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-9729-1008-3. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124193.html>

3. Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин : учебное пособие / С.А. Долгих [и др.]. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. — 200 с. — ISBN 978-5-7882-2529-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100690.html>

### 9.3 Программное обеспечение:

1. Windows 10 Pro
2. Физика пласта Professional group
3. WinRAR
4. Microsoft Office Professional Plus 2016
5. Visual Studio Professional 2015
6. Adobe Acrobat Pro DC
7. ABBYY PDF Transformer+
8. Программное обеспечение «interTESS»
9. ПО Kaspersky Endpoint Security
10. «Антиплагиат.ВУЗ» (интернет - версия)

#### **9.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)
3. Электронная библиотечная система IPRbooks (<http://www.iprbookshop.ru>)
4. Электронная библиотечная система ЮПАЙТ (<http://www.biblio-online.ru>)
5. Все о коррозии (<http://www.corrozii.net/korroz/?ysclid=lmn1sndxw1420128767>)
6. Коррозия (<https://www.okorrozii.com/?ysclid=lmn1u3l93q244866925>)

#### **10 Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме

на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;

- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

## **11. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- 1) библиотечный фонд ФГБОУ ВО «СахГУ»;
- 2) мультимедийное оборудование для чтения лекций-презентаций;
- 3) технологическое и компьютерное виртуальное оборудование;
- 4) пакет прикладных обучающих программ;

При подготовке к практическим занятиям и самостоятельной работе можно использовать компьютерные классы со стандартным программным обеспечением.

Лекционные занятия должны проходить в мультимедийной аудитории, оснащенной компьютером и проектором. Лекции желательно сопровождать презентацией, содержащей теоретический иллюстративный материал. Презентация должна быть построена по следующему принципу: тема, цель, задачи лекции, краткое содержание предыдущей лекции, теоретический материал, итоги лекционного занятия, обозначены вопросы и задания для самостоятельного изучения, тема следующей лекции.

Презентации по лекционному курсу разбиты по темам, по отдельно взятой теме может быть несколько презентаций.