

**Северодонецкий технологический институт**  
**Кафедра управления инновациями в промышленности**

Врио. директора СТИ  
ФГБОУ ВО «ЛГУ им.  
Ю.М.  
(подпись)  
« 26 »

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Теория автоматического управления»**

По направлению подготовки: 18.03.01 Химическая технология

## Профиль: Химическая технология

Северодонецк – 2024

## Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория автоматического управления» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология– 30с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория автоматического управления» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (утвержденная приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020г. № 922, с изменениями и дополнениями от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.п.н., доцент кафедры

управления инновациями в промышленности



Е.А. Бойко

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры химических технологий «23» 09 2024 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой управления

инновациями в промышленности

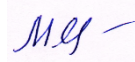


Е.А. Бойко

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

СОГЛАСОВАНА:

Ио заведующего кафедрой химических технологий

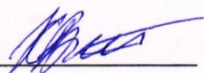


М.А. Ожередова

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института «23» 09 2024 г., протокол № 2.

Председатель учебно-методической комиссии  
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»



Ю.В. Бородач

© Бойко Е.А., 2024 г

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2024 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование знаний по теории автоматического управления, принципов построения и методов исследования линейных и нелинейных систем автоматического управления (САУ) и подготовки студентов к практической деятельности по проектированию, разработке, исследованию и эксплуатации систем этого класса.

Задачи дисциплины – овладение основными понятиями и терминами; раскрытие принципов работы систем автоматического управления; изучение методов, применяемых в теории автоматического управления; привитие навыков и умений в методах экспериментального исследования и моделирования САУ.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

**Логико-структурный анализ дисциплины:** курс входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

**Дисциплина** реализуется кафедрой Управления инновациями в промышленности.

**Основывается на базе дисциплин:** Высшая математика, Физика, Метрология, стандартизация и сертификация.

**Является основой** для изучения следующих дисциплин: Электротехника, Процессы и аппараты химических технологий, Моделирование процессов и систем, Технологическое проектирование производств неорганических веществ.

**Дисциплина нацелена на формирование:**

общепрофессиональных (ОПК-4, ОПК-6), профессиональных компетенций (ПК-2) выпускника.

**Содержание дисциплины:** Основные понятия и определения теории автоматического управления. Функциональная схема автоматического управления. Принципы автоматического регулирования. Значение автоматизации для развития химической промышленности на современном этапе. Особенности автоматизации химических производств, её технико-экономический эффект и роль в обеспечении безопасности производства и охраны окружающей среды. Основные понятия управления технологическими процессами. Иерархия управления. Особенности управления предприятием и управления технологическим процессом. Сущность управления параметрами химико-технологического процесса (ХТП). Основы теории автоматического управления. Системы автоматического управления. Диагностика химико-технологического процесса. Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами. Классификация систем автоматического управления. Основные сведения об АСУ ТП из химической промышленности.

**Виды контроля по дисциплине:** текущий контроль знаний на лабораторных, практических занятиях и при тестировании, промежуточный контроль – зачет с оценкой.

**Общая трудоемкость освоения дисциплины** составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                     | Индикаторы достижений компетенции<br>(по реализуемой дисциплине)                                                                                                                | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | Применять знания в области теории автоматического управления технологическим процессом; осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | <p><b>знать:</b> комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса</p> <p><b>уметь:</b> применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов</p> <p><b>владеть:</b> навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сер-</p> |

|  |  |                                             |
|--|--|---------------------------------------------|
|  |  | тификационных испытаний материалов, изделий |
|--|--|---------------------------------------------|

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                                                                                | Объем часов (зач. ед.)           |                    |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                   | Очная форма                      | Очно-заочная форма | Заочная форма                    |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                             | <b>180</b><br><b>(5 зач. ед)</b> | -                  | <b>180</b><br><b>(5 зач. ед)</b> |
| <b>Обязательная контактная работа (всего)</b><br><b>в том числе:</b>                                                              | <b>85</b>                        | -                  | <b>16</b>                        |
| Лекции                                                                                                                            | 34                               | -                  | 4                                |
| Семинарские занятия                                                                                                               | -                                | -                  | -                                |
| Практические занятия                                                                                                              | 34                               | -                  | 4                                |
| Лабораторные работы                                                                                                               | 17                               | -                  | 4                                |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                                                                                 | -                                | -                  | -                                |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i> ) | -                                | -                  | -                                |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                                                                    | <b>95</b>                        | -                  | <b>164</b>                       |
| Форма аттестации                                                                                                                  | Зачёт с оценкой                  | -                  | Зачёт с оценкой                  |

##### 4.2 Содержание разделов дисциплины

###### Тема 1. Основные понятия и определения ТАУ.

Основные понятия и определения теории автоматического управления. Терминология. Общая характеристика различных видов математического описания автоматических систем. Классификация систем. История развития теории управления. Примеры систем автоматического управления и области их применения.

###### Тема 2. Общая характеристика автоматического управления.

Статические и динамические свойства систем автоматического управления. Роль обратной связи в управлении. Основные принципы автоматического управления. Управление по отклонению. Управление по возмущению. Комбинированное управление. Общая структура замкнутой САУ

###### Тема 3. Особенности автоматизации химических производств, её технико-экономический эффект и роль в обеспечении безопасности производства и охраны окружающей среды.

Основные понятия управления технологическими процессами. Иерархия управления. Особенности управления предприятием и управления технологическим процессом. Сущность управления параметрами химико-технологического процесса (ХТП).

###### Тема 4. Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами.

Классификация систем автоматического управления. Основные сведения об АСУ ТП из химической промышленности. Диагностика химико-технологического процесса.

###### Тема 5. Линейные системы управления

Виды математического описания линейных систем управления. Математическое описание САУ. Преобразование Лапласа. Передаточные функции. Типовые динамические звенья. Особые звенья. Типовые входные воздействия. Переходная функция. Импульсная функция. Частотные характеристики. Логарифмические амплитудно-частотные характеристики.

#### **Тема 6. Нелинейные системы управления**

Основные понятия и определения теории нелинейных систем управления. Классы нелинейностей. Статические нелинейности. Статические характеристики нелинейных элементов. Динамические нелинейности. Примеры нелинейных систем. Методы линеаризации нелинейных систем. Гармоническая линеаризация.

#### **4.3 Лекции**

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                                                                               | Объем часов    |                           |                  |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|               |                                                                                                                                                             | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Основные понятия и определения ТАУ                                                                                                                          | 4              | -                         | 4                |
| 2             | Общая характеристика автоматического управления                                                                                                             | 6              | -                         |                  |
| 3             | Особенности автоматизации химических производств, её технико-экономический эффект и роль в обеспечении безопасности производства и охраны окружающей среды. | 6              | -                         |                  |
| 4             | Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами.                                                                  | 6              | -                         |                  |
| 5             | Линейные системы управления                                                                                                                                 | 6              | -                         |                  |
| 6             | Нелинейные системы управления                                                                                                                               | 6              | -                         |                  |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                             | <b>34</b>      | <b>-</b>                  | <b>4</b>         |

#### **4.4 Практические занятия**

| №<br>п/п      | Название темы                             | Объем часов    |                           |                  |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|               |                                           | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Линеаризация нелинейных систем            | 4              | -                         | 4                |
| 2             | Преобразования Лапласа                    | 6              | -                         |                  |
| 3             | Преобразование структурных схем           | 6              | -                         |                  |
| 4             | Прямой синтез регулятора линейной системы | 6              | -                         |                  |
| 5             | Точность в установившихся режимах         | 6              | -                         |                  |
| 6             | Логарифмические частотные характеристики  | 6              | -                         |                  |
| <b>Итого:</b> |                                           | <b>34</b>      | <b>-</b>                  | <b>4</b>         |

#### 4.5 Лабораторные работы.

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                   | Объем часов    |                           |                  |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|               |                                                                                                 | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Исследование частотных и временных характеристик элементов автоматической системы регулирования | 4              | -                         | 4                |
| 2             | Исследование устойчивости линейной АСР                                                          | 4              | -                         |                  |
| 3             | Анализа качества процесса регулирования в линейной АСР                                          | 4              | -                         |                  |
| 4             | Синтез систем автоматического регулирования с компенсацией возмущения                           | 5              | -                         |                  |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                 | <b>17</b>      | <b>-</b>                  | <b>4</b>         |

#### 4.6 Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п | Название темы                                                                                                                                               | Форма/вид СРС                                                                            | Объем часов    |                           |                  |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|          |                                                                                                                                                             |                                                                                          | Очная<br>форма | Очно-<br>заочная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Основные понятия и определения ТАУ                                                                                                                          | Работа с пройденным материалом по конспектам лекций, учебной и дополнительной литературе | 15             | -                         | 27               |
| 2        | Общая характеристика автоматического управления                                                                                                             | Работа с пройденным материалом по конспектам лекций, учебной и дополнительной литературе | 16             | -                         | 28               |
| 3        | Особенности автоматизации химических производств, её технико-экономический эффект и роль в обеспечении безопасности производства и охраны окружающей среды. | Работа с пройденным материалом по конспектам лекций, учебной и дополнительной литературе | 16             | -                         | 27               |
| 4        | Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами.                                                                  | Работа с пройденным материалом по конспектам лекций, учебной и дополнительной литературе | 16             | -                         | 28               |
| 5        | Линейные системы управления                                                                                                                                 | Работа с пройденным материалом по конспектам лекций, учебной и дополнительной литературе | 16             | -                         | 27               |
| 6        | Нелинейные системы управления                                                                                                                               | Работа с пройденным материалом по конспектам лекций, учебной и дополнительной литературе | 16             | -                         | 27               |

|               |           |          |            |
|---------------|-----------|----------|------------|
| <b>Итого:</b> | <b>95</b> | <b>-</b> | <b>164</b> |
|---------------|-----------|----------|------------|

Самостоятельная работа по данной дисциплине представлена в виде расчетных задач, вопросов для самостоятельного изучения, тематики к докладам, презентациям, к которым студенты самостоятельно в неаудиторное время готовятся и защищают их на практических занятиях.

**4.7 Курсовые работы/проекты по дисциплине «Теория автоматического управления»** учебным планом не предусмотрены.

## **5. Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий.

Традиционные виды образовательных технологий и формы организации учебного процесса представлены:

- лекциями;
- практическими занятиями;
- самостоятельной работой;
- консультациями.

Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путём активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### *Занятия лекционного типа*

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов программы дисциплины.

Лекционный курс даёт большой объём информации и обеспечивает более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### *Практические занятия*

Практические занятия представляют собой детализацию и дополнение лекционного теоретического материала и проводятся в целях закрепления курса.

Основной формой проведения практических занятий является решение задач. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- непосредственное решение задачи;
- верное прохождение теста.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на теоретическую базу.

### *Самостоятельная работа обучающихся*

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний и умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы: систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубление и расширение теоретических знаний; формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу; развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности; формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объёма, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной формах.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны: просматривать основные определения и факты; повторять законспектированный на лекционном занятии материал и дополнять его с учётом рекомендованной по данной теме литературы; изучать рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов; самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях; использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств; выполнять домашние задания по указанию преподавателя.

Работа с медиаматериалами.

Самостоятельная работа в современном учебном процессе подразумевает ознакомление студента с различными видео- и аудиоматериалами на русском и иностранных языках. Можно обозначить следующие цели работы: усилить запоминание теоретических положений через визуальное и аудиальное восприятие; ознакомиться с авторским изложением сложных моментов; сформировать свою точку зрения с учетом представленных дискуссий; разобрать примеры и практические кейсы; выполнить задания и ответить на поставленные вопросы.

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

### **а) основная литература**

1. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: учеб. для вузов. – 3-е изд., стер. – СПб.: Политехника, 2008. – 302 с.

### **б) дополнительная литература**

2. Келим Ю.М., Типовые элементы систем автоматического управления: учебное пособие для студентов учреждений среднего проф. образования. – М.: Форум :Инфра-М, 2007. – 384 с.

3. Теория автоматического управления: учебник / под ред. Ю.М. Соломенцова. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2000. – 266с. (2)

4. Бураков М.В., Практикум по теории автоматического управления: метод. пособие. – СПб.: ГУАП, 2016. – 80с.

5. Теория автоматического управления: Лабораторный практикум / С.В. Стороженко, О.М. Большунова. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2004. – 53 с.

в) методические рекомендации

г) интернет-ресурсы

- Электронная библиотека по химии [www.chem.msu.Su](http://www.chem.msu.Su);
- Электронный журнал «Химики и химия» [www.chemistry-chemists.com](http://www.chemistry-chemists.com);
- Журнал «Химия и жизнь» [www.hij.ru](http://www.hij.ru);
- Химическая информационная сеть <http://www.chemnet.ru>;
- Мир химии <http://mirhim.ucoz.ru/>;
- Электронная библиотека по химии <http://www.chemnet.ru/rus/elbibch.html>;
- Библиотека химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary>;
- ChemPort.Ru <http://www.chemport.ru>;
- Химия в СО РАН <http://www.niic.nsc.ru>;
- XuMuK.ru <http://www.xumuk.ru>;
- Электронная библиотека по химии и технике <http://www.rushim.ru/books/books.htm>.
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов  
<http://fcior.edu.ru/search.page?phrase=>

## 7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Для проведения аудиторных занятий предлагаются мультимедийные средства: видеопроектор, ноутбук, экран настенный, др. оборудование или компьютерный класс. Операционная система – Linux, пакет офисных программ – LibreOffice либо операционная система – Windows, пакет офисных программ – Microsoft Office в зависимости от распределения аудиторий. Учебные аудитории оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Института.

## 8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

### Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Теория автоматического управления»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

| Этап           | Код компетенции | Уровни сформированности компетенции | Критерии оценивания компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Начальный      | ОПК–4           | Пороговый                           | <b>знать:</b><br>комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса |
| Основной       |                 | Базовый                             | <b>уметь:</b><br>применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов                                                                                                                     |
| Заключительный |                 | Высокий                             | <b>владеть:</b><br>навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий                                                                                                                                                                                                                                                   |

**Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины**

| № п/п | Код компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                                                                                                                                                                                                                     | Индикаторы достижений компетенции (по дисциплине)                                                                                                                                                                                                                      | Темы учебной дисциплины | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1     | <b>ОПК-4</b>    | Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья | Применять знания в области химического сопротивления материалов, протекания процессов коррозии, прогнозирования надёжности оборудования и последствий коррозионного воздействия для разработки мероприятий по защите материалов от коррозии в технологических условиях | <b>Темы 1 – 6</b>       | Начальный<br>ОФО-4<br>ЗФО- 4          |

## Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| №<br>п/<br>п | Код компетенции | Индикаторы достижений компетенции                                                                                                                                                                                                                                      | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Контролируемые темы учебной дисциплины | Наименование оценочного средства                                                                                         |
|--------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | ОПК-4           | Применять знания в области химического сопротивления материалов, протекания процессов коррозии, прогнозирования надёжности оборудования и последствий коррозионного воздействия для разработки мероприятий по защите материалов от коррозии в технологических условиях | <p><b>знать:</b> комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса;</p> <p><b>уметь:</b> применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические</p> | Темы 1 – 6                             | Тестовые задания, практические задания, рефераты, разноуровневые контрольные работы и задания, защита лабораторных работ |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |
|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  |  | <p>и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов;</p> <p><b>владеть:</b> навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий</p> |  |  |
|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 9. Оценочные средства

### 9.1 Тестовые задания (пороговый уровень)

| № п/п | Вопрос                                                                                                   | Варианты ответа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Химический механизм коррозии является основным, если коррозионная среда:                                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электропроводная жидкость</li> <li>2. Неэлектропроводная жидкость</li> <li>3. Влажный газ</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2.    | Как с помощью диаграммы коррозии определить контролируемую стадию коррозионного процесса?                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. По положению точки пересечения поляризационных кривых на анодной поляризационной кривой.</li> <li>2. По координатам точки пересечения поляризационных кривых.</li> <li>3. По положению точки пересечения на поляризационной кривой для контролирующего процесса.</li> <li>4. По форме анодной поляризационной кривой.</li> </ol>                                                                                                                    |
| 3.    | Укажите в приведённом перечне катодные реакции:                                                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <math>\text{Fe} + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \cdot m\text{H}_2\text{O} + 2e</math>;</li> <li>b. <math>\text{Zn} + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}^{2+} \cdot m\text{H}_2\text{O} + 2e</math>;</li> <li>c. <math>\text{O}_2 + 4e + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OH}^-</math>;</li> <li>d. <math>\text{Al} + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}^{3+} \cdot m\text{H}_2\text{O} + 3e</math>.</li> </ol> |
| 4.    | Укажите среди приведённых, вероятные варианты контроля катодного процесса коррозии с участием кислорода: | <ul style="list-style-type: none"> <li>– диффузионный;</li> <li>– кинетический;</li> <li>– диффузионно–кинетический;</li> <li>– все приведённые.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5.    | Как называют диаграмму E–pH, характеризующую состояние системы металл–вода?                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коррозионная диаграмма Эванса.</li> <li>2. Диаграмма Пурбе.</li> <li>3. Диаграмма рекристаллизации металла.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6.    | Как называют максимальный коррозионный ток пассивирующегося металла (сплава)?                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предельный ток.</li> <li>2. Критический ток.</li> <li>3. Ток полной пассивации.</li> <li>4. Адсорбционный ток.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 7.    | Как влияет повышение класса обработки поверхности металла (сплава) на скорость атмосферной коррозии?     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понижает скорость коррозии.</li> <li>2. Повышает скорость коррозии.</li> <li>3. Не изменяет.</li> <li>4. Влияет неоднозначно.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| №<br>п/п | Вопрос                                                                                                                                          | Варианты ответа                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.       | Влияют ли внешние механические нагрузки на скорость коррозии металла (сплава)?                                                                  | 1. Нет<br>2. Да<br>3. Трудно предположить                                                                                                                                                                                                  |
| 9.       | Чем отличаются результаты действия на металл (сплав) только динамических механических нагрузок и совместного действия их с коррозионной средой? | 1. При одновременном действии на диаграмме Вёллера предел усталости постоянно понижается и растёт скорость коррозии.<br>2. Нет разницы.<br>3. При одновременном действии предел усталости остаётся неизменным, а скорость коррозии растёт. |
| 10.      | Какую задачу решает легирование в борьбе с коррозией?                                                                                           | 1. Перевод опасной местной коррозии в менее опасную общую.<br>2. Повышение коррозионной стойкости сплава.<br>3. Обе указанные                                                                                                              |
| 11.      | Какие из приведённых мероприятий относятся к методам обработки коррозионной среды?                                                              | 1. Уменьшение концентрации окислителя в среде.<br>2. Введение в коррозионную среду ингибиторов коррозии.<br>3. Оба приведённые.                                                                                                            |
| 12.      | Какие металлические покрытия называют анодными?                                                                                                 | 1. Имеющие электродный потенциал выше, чем у защищаемого металла<br>2. Имеющие электродный потенциал ниже, чем у защищаемого металла<br>3. Среди перечисленных ответа нет                                                                  |
| 13.      | Выберите нужное окончание фразы: «Протекторная защита осуществляется подключением защищаемого объекта к ...»                                    | 1. отрицательному полюсу источника постоянного тока;<br>2. металлу с более отрицательным электродным потенциалом;<br>3. положительному полюсу источника постоянного тока;<br>4. источнику переменного тока.                                |
| 14.      | Для защиты каких металлических материалов применяется анодная защита?                                                                           | 1. Для любых материалов.<br>2. Для металлов и сплавов, склонных к пассивации в данной коррозионной среде.                                                                                                                                  |

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «тестирование»

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания           |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| 5                                     | 85 – 100% правильных ответов  |
| 4                                     | 71 – 85% правильных ответов   |
| 3                                     | 61 – 70% правильных ответов   |
| 2                                     | 60% правильных ответов и ниже |

**9.2 Реферат (базовый уровень)**

1. Наука о коррозии
2. Эксплуатационные методы коррозионных испытаний
3. Полигонные методы коррозионных испытаний
4. Лабораторные методы коррозионных испытаний
5. Прямые показатели коррозии
6. Прямые убытки от коррозии
7. Косвенные убытки от коррозии
8. Экологические аспекты коррозии металлов
9. Классификация коррозии по механизму протекания процессов
10. Классификация коррозии по характеру коррозионной среды
11. Анализ особенностей работы системы катодной защиты.
12. Анодное заземление. Расчет анодного заземления.
13. Выбор и исследование новых композиционных материалов для анодных заземлителей.
14. Методы увеличения зоны защитного действия катодных установок.
15. Физико-химические закономерности газовой коррозии металлов.
16. Электрохимическая коррозия металлов.
17. Локальные виды коррозии.
18. Коррозия металлов в природных и технологических средах.
19. Коррозионная характеристика металлов и сплавов.
20. Неметаллические материалы и защитные покрытия.
21. Защита металла от коррозии поверхностными тонкослойными покрытиями.
22. Химическая коррозия металлов.
23. Электрохимическая коррозия металлов.
24. Коррозионно-механическое разрушение металлов
25. Конструкции катодных станций
26. Анодное заземление.
27. Экологические аспекты коррозии и защиты металлов.
28. Диагностика коррозии. Математическое моделирование коррозии.
29. Стеклоэмалевые и стеклокристаллические покрытия.
30. Мастичные изоляционные материалы и покрытия
31. Защита металла от коррозии поверхностными тонкослойными покрытиями
32. Полимерные покрытия (эпоксидные, полиуретановые).

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «реферат»

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ |
| 4                                     | Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ  |
| 3                                     | Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ   |
| 2                                     | Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                                                                                                                         |

**9.3 Кейс-задание (высокий уровень)****Вариант 1**

1. Как происходит коррозия цинка, находящегося в контакте с медью при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?
2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из алюминиевого и медного электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.
3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению  

$$\text{Me} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = \text{Me}(\text{OH})_n$$
Me – Ba, Cu
4. Определить массу цинка, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока 100 А/м<sup>2</sup>. Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков 0,01 м<sup>2</sup>.
5. При взаимодействии магния с кислородом образуется оксидная пленка состава MgO. Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Mg}} = 1,74 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{MgO}} = 3,2 \text{ кг/м}^3$ ).

**Вариант 2**

1. Как происходит коррозия алюминия, находящегося в контакте со свинцом при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?
2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из кадмиевого и цинкового электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.
3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению  

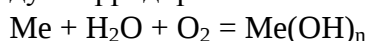
$$\text{Me} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = \text{Me}(\text{OH})_n$$

Me – Ca, Ag

4. Определить массу хрома, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .
5. При взаимодействии железа с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Fe}} = 5,24 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 5,24 \text{ кг/м}^3$ ).

### **Вариант 3**

1. Как происходит коррозия магния, находящегося в контакте с никелем при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?
2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из кобальтового и бериллевого электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.
3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению

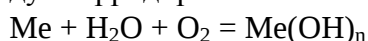


Me – Cs, Au

4. Определить массу никеля, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .
5. При взаимодействии свинца с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{PbO}$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Pb}} = 11,344 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{PbO}} = 9,40 \text{ кг/м}^3$ ).

### **Вариант 4**

1. Как происходит коррозия железа, находящегося в контакте с магнием при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?
2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из висмутового и магниевых электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.
3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению

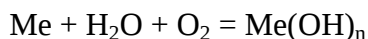


Me – K, Ni

4. Определить массу кобальта, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .
5. При взаимодействии никеля с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{NiO}$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Ni}} = 8,90 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{NiO}} = 6,80 \text{ кг/м}^3$ ).

### **Вариант 5**

1. Как происходит коррозия цинка, находящегося в контакте с хромом при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?
2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из кобальтового и медного электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.
3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению



Me – Fe, Li

4. Определить массу кадмия, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .

5. При взаимодействии алюминия с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Al}} = 2,702 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho(\text{Al}_2\text{O}_3) = 3,50 \text{ кг/м}^3$ ).

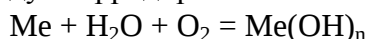
### **Вариант 6**

1. Как происходит коррозия хрома, находящегося в контакте с оловом, при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?

2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из железного и кадмиевого электродов.

Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.

3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению



Me – Mg, Cu

4. Определить массу марганца, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .

5. При взаимодействии ванадия с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{Va}_2\text{O}_3$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Va}} = 6,11 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho(\text{Va}_2\text{O}_3) = 4,87 \text{ кг/м}^3$ ).

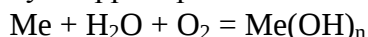
### **Вариант 7**

1. Как происходит коррозия кадмия, находящегося в контакте с алюминием, при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?

2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из железного и хромового электродов.

Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.

3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут корродировать во влажном воздухе по уравнению



Me – Na, Pb

4. Определить массу железа, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .

5. При взаимодействии титана с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{TiO}_2$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Ti}} = 4,50 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho(\text{TiO}_2) = 4,26 \text{ кг/м}^3$ ).

### **Вариант 8**

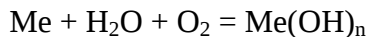
1. Как происходит коррозия кадмия, находящегося в контакте с магнием, при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?

2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из магниевых и свинцовых электродов.

Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.

3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов бу-

дуг коррозировать во влажном воздухе по уравнению



Me – Ca, Mn

4. Определить массу олова, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .

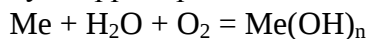
5. При взаимодействии висмута с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Bi}} = 9,80 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho(\text{Bi}_2\text{O}_3) = 8,90 \text{ кг/м}^3$ ).

### **Вариант 9**

1. Как происходит коррозия свинца, находящегося в контакте с цинком, при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?

2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из золотого и бериллиевого электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.

3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут коррозировать во влажном воздухе по уравнению



Me – Ca, Cu

4. Определить массу свинца, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .

5. При взаимодействии кобальта с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{CoO}$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Co}} = 8,90 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{CoO}} = 5,70 \text{ кг/м}^3$ ).

### **Вариант 10**

1. Как происходит коррозия железа, находящегося в контакте с мышьяком, при водородной и кислородной деполяризации в: а) кислом, б) щелочном растворах?

2. Напишите схему гальванического элемента, состоящего из цинкового и медного электродов. Определите полюсы элемента, напишите процессы, идущие на электродах при работе данного элемента.

3. Исходя из величины энергии Гиббса при стандартных условиях, определите, какие из металлов будут коррозировать во влажном воздухе по уравнению  $\text{Me} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = \text{Me}(\text{OH})_n$

Me – Ba, Mg

4. Определить массу железа, перешедшего в раствор в результате анодного процесса за 1 час при плотности коррозионного тока  $100 \text{ А/м}^2$ . Найти скорость коррозии, если известно, что площадь анодных участков  $0,01 \text{ м}^2$ .

5. При взаимодействии олова с кислородом образуется оксидная пленка состава  $\text{SnO}_2$ . Определить, способна ли она защищать металл от коррозии ( $\rho_{\text{Sn}} = 7,28 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{SnO}_2} = 6,95 \text{ кг/м}^3$ ).

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству  
«кейс-задание»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями |
| 4                                  | Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы                                  |
| 3                                  | Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач                                                                                                |
| 2                                  | Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала                                                      |

#### 9.4 Разноуровневые задачи и задания (пороговый уровень)

1. Что называют коррозией? Каковы потери (в %) ежегодно производимого металла в Российской Федерации наносят процессы коррозии?
2. По каким критериям классифицируют коррозионные процессы? Какой тип коррозии называют химическим?
3. По характеру изменения поверхности металла или сплава различают несколько видов коррозионных разрушений (рис. 1).

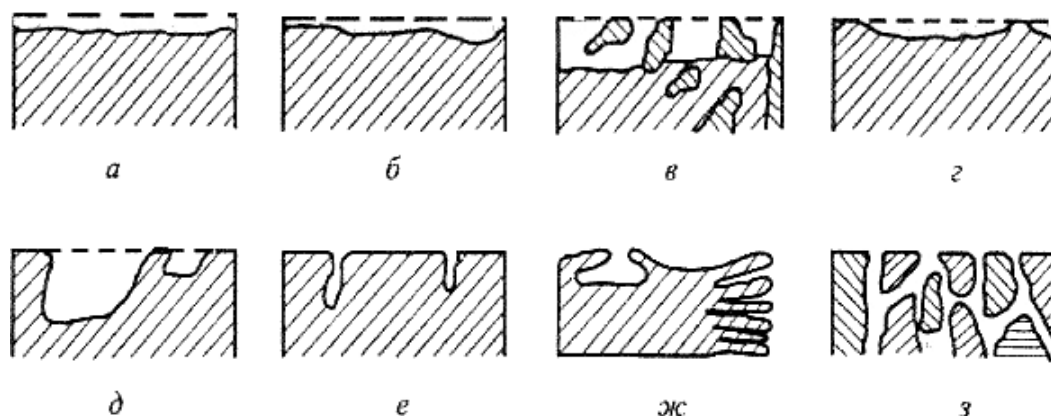


Рисунок 1 – Виды коррозионных разрушений

а – сплошная равномерная; б – сплошная неравномерная; в – структурно-избирательная; г – пятнами; д – язвами, е – точками; ж – подповерхностная, з – межкристаллитная

Укажите, используя рисунок 1, какой вид коррозионных разрушений соответствует типу:

- 1) межкристаллитному; 2) подповерхностному? Приведите их характеристики.

4. По характеру изменения поверхности металла или сплава различают несколько видов

коррозионных разрушений (рисунок 1). Укажите, используя рисунок 1, какой вид коррозионных разрушений соответствует типу:

1) язвами; 2) точками? Приведите их характеристики.

5. По характеру изменения поверхности металла или сплава различают несколько видов коррозионных разрушений (рисунок 1). Укажите, используя рисунок 1, какой вид коррозионных разрушений соответствует типу:

1) сплошная неравномерная; 2) структурно-избирательная? Приведите их характеристики.

6. Оказывает ли температура влияние на процессы газовой коррозии? Какое уравнение отражает эту зависимость?

7. Оказывает ли влияние давление на процессы газовой коррозии? Какие условия обеспечивают зависимость?

8. Как связана скорость реакции коррозии металлических изделий с парциальным давлением кислорода в окружающей среде?

9. В чём сущность атмосферной сухой коррозии металлов? Каков её механизм?

10. Что такое атмосферная коррозия, подземная и биокоррозия?

11. Каковы механизмы диффузии в твердом кристаллическом теле при образовании коррозионных плёнок?

12. При химической коррозии металлов (Me) в атмосфере сухого воздуха, содержащего газообразные  $O_2$ ,  $HCl$ ,  $H_2S$ , под воздействием высоких температур образуются пленки продуктов коррозии. Напишите уравнения образования этих соединений. Зная плотности металлов, их оксидов, хлоридов, сульфидов, определите, какие из плёнок будут обладать защитным действием.

| № задачи | Металл, Me | $\rho_{Me}$ , г/см <sup>3</sup> | Продукты коррозии и их плотности, г/см <sup>3</sup>                                                                                           |
|----------|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Fe         | 7,87                            | FeO - 5,7; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 5,25; FeCl <sub>2</sub> - 2,98;<br>FeS <sub>2</sub> - 5,03; Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> - 5,18 |
| 2.       | Ni         | 8,91                            | NiO - 7,45; Ni <sub>2</sub> S <sub>3</sub> - 5,82                                                                                             |
| 3.       | Ni         | 8,91                            | NiO - 7,45; NiCl <sub>2</sub> - 3,51                                                                                                          |
| 4.       | Ni         | 8,91                            | NiO - 7,45; NiS - 4,1                                                                                                                         |
| 5.       | Cu         | 8,94                            | CuO - 6,46; Cu <sub>2</sub> O - 3,7                                                                                                           |
| 6.       | Cu         | 8,94                            | CuO - 6,46; CuCl <sub>2</sub> - 3,05                                                                                                          |
| 7.       | Cu         | 8,94                            | CuO - 6,46; Cu <sub>2</sub> S - 5,4                                                                                                           |
| 8.       | Cu         | 8,94                            | CuO - 6,46; CuS - 4,68                                                                                                                        |
| 9.       | Cu         | 8,94                            | CuO - 6,46; Cu <sub>2</sub> S - 5,4                                                                                                           |
| 10.      | Cu         | 8,94                            | CuCl <sub>2</sub> - 3,05; Cu <sub>2</sub> S - 5,4                                                                                             |
| 11.      | Cu         | 8,94                            | Cu <sub>2</sub> S - 5,4; CuS - 4,68                                                                                                           |
| 12.      | Cu         | 8,94                            | Cu <sub>2</sub> O - 5,4; CuS - 4,68                                                                                                           |

13. Электродный потенциал, причины его возникновения.

14. Какие из нижеперечисленных металлов выполняют для свинца роль анодного покрытия: Pt, Al, Cu, Hg ?

15. Какие из нижеперечисленных металлов выполняют для свинца роль катодного покрытия: Ti, Mn, Ag, Cr ?

16. Вычислите электродный потенциал меди, погружённой в раствор  $CuSO_4$  с концентрацией ионов  $Cu^{2+}$  0,2 моль/дм<sup>3</sup>.

17. Вычислите электродный потенциал цинка, погружённого в раствор  $Pb(NO_3)_2$  с

концентрацией ионов  $Pb^{2+}$  0,05 моль/дм<sup>3</sup>.

18. Вычислите электродный потенциал цинка, погружённого в раствор  $Zn(NO_3)_2$  с концентрацией ионов  $Zn^{2+}$  0,05 моль/дм<sup>3</sup>.

19. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых цинк является анодом, а в другом — катодом.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству  
«разноуровневые задания и задачи»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями |
| 4                                  | Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы                                  |
| 3                                  | Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач                                                                                                |
| 2                                  | Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала                                                      |

### 9.5 Практическое (прикладное) задание (высокий уровень)

1. Какой объем водорода (н.у.) выделится при пропускании тока силой 3 А в течение 30 минут через водный раствор  $H_2SeO_4$ ?

2. Чему равна эквивалентная масса кадмия, если для выделения 1 г металла из раствора  $Cd(NO_3)_2$  пришлось пропустить через раствор 1717 Кл электричества?

3. Будет ли изменяться концентрация раствора при электролизе гидроксида лития?

4. При электролизе водного раствора  $Cr_2(SO_4)_3$  током силой 2 А масса катода увеличилась на 8 г. В течение какого времени проводился электролиз?

5. Какое количество электричества необходимо для выделения из раствора 10 г водорода?

6. При электролизе водного раствора бромида никеля на электроде выделилось 2,24 л брома (н.у.). какое вещество и в каком количестве выделилось на катоде?

7. Сколько молей воды разложится при электролизе током 5 А в течение 1 суток?

8. Раствор содержит по 0,1 М нитратов цинка, меди, свинца. В какой последовательности эти металлы выделятся на катоде при электролизе?

9. Через раствор сульфата натрия в течение 10 минут пропускают ток силой 0,5 А. Какие продукты и в каких количествах образуются на платиновых катоде и аноде, разделенных диафрагмой?

10. Рассчитайте число электронов, участвующих в электродной реакции для Au (ст. у.), если тафелевский коэффициент  $\alpha$  равен 0,40, а плотность тока обмена 0,25 А/см<sup>2</sup>.

11. Определите плотность тока коррозии для перенапряжения -0,65 В, если коэффициенты Тафеля равны:  $\alpha = 0,62$ ;  $\beta = 0,14$ .

12. В ячейку для измерения электрической проводимости, заполненную 0,06 М раствором СН<sub>3</sub>СООН, помещены параллельные электроды площадью 3 см<sup>2</sup> на расстоянии 2 см друг от друга. При напряжении 10 В через раствор при 298 К идет ток силой 4,306·10<sup>-3</sup> А. Пренебрегая особенностями конструкции ячейки, определите степень диссоциации и рН раствора, если подвижности ионов равны: Н<sup>+</sup> - 349,8 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>, СН<sub>3</sub>СОО<sup>-</sup> - 40,90 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>.

13. Молярная электрическая проводимость раствора, содержащего 38% Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, равна 140 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup> при 293 К. Определите удельную электропроводимость этого раствора, если его плотность равна 1,286 г·см<sup>-3</sup>.

14. Молярная электропроводность 0,1 М раствора AgNO<sub>3</sub> равна 94,3 См·см<sup>2</sup>·моль<sup>-1</sup>. Определите K(AgNO<sub>3</sub>), если расстояние между электродами площадью 7 см<sup>2</sup> в ячейке равно 3 см.

15. Рассчитайте массовый показатель скорости коррозии алюминиевого образца площадью 2 см<sup>2</sup>, погружённого на 4 часа в 2 М раствор NaOH, если убыль массы образца составила 0,5 г.

16. Определить, во сколько раз изменится скорость коррозии стали 20Х20Н14С2 в 10% растворе NaCl при добавлении 0,05 М уротропина для образцов площадью 5 см<sup>2</sup>, масса которых составляла: в растворе 10% NaCl: до испытаний - 0,7623 г, после испытаний - 0,5421 г; в растворе 10% NaCl + 0,05 М уротропина: до испытаний - 0,6422 г, после испытаний - 0,7300 г. Коррозионные испытания проводились в течение 12 часов.

17. Опишите механизм коррозионного растрескивания. Какие виды изломов и трещин возможны при коррозионном растрескивании?

18. Какие меры предпринимают для предотвращения коррозионного растрескивания? Какими методами исследуют коррозионное растрескивание?

19. Опишите процесс коррозионной усталости и сравните кривые Велера для усталости и коррозионной усталости.

20. Что такое блуждающий ток? Какие существуют способы борьбы с коррозией блуждающим током?

## 9.6 Комплект заданий для контрольной работы

*(базовый уровень)*

**Примеры вопросов первого уровня сложности**

1. По каким значениям электроды располагают в электрохимический ряд напряжений? Что такое гальванический ряд напряжений?
2. Что такое поляризация? Какие виды поляризации вам известны? Какой знак имеет поляризация катода? анода?
3. В чем отличие поляризации от перенапряжения?
4. Какие виды перенапряжения бывают?
5. Запишите уравнение Тафеля. На какой диаграмме можно наблюдать тафелевские участки? Приведите примеры диаграмм Эванса и Штерна.
6. Дайте определение двойному электрическому слою.
7. Что такое электропроводность растворов электролитов? Какие виды электропроводности существуют?
8. Что такое подвижность ионов? Как она связана с электропроводностью?
9. Как электропроводность и подвижность связаны с концентрацией электролита? В чем причина такого характера этой взаимосвязи?
10. Запишите закон Кольрауша.
11. Какие уравнения называют приближениями теории Дебая-Хюккеля?

12. Дайте определение числу переноса. Какая зависимость существует между числами переноса и электропроводностью?
13. Что такое коэффициент активности, активность иона? Активность и коэффициент активности электролита?
14. Что характеризует ионная сила раствора?
15. Какой из перечисленных металлов самый активный: Fe, Zn, Mn, K, Au? Почему?

**(высокий уровень)**

**Примеры вопросов второго уровня сложности:**

1. Медная пластинка массой 7 г была погружена в раствор нитрата серебра, затем промыта водой и высушена. Масса ее оказалась равной 8,0 г. Сколько серебра из раствора выделилось на пластинке?
2. Укажите продукт коррозии при контакте Zn – Ni в нейтральной среде.
3. Укажите продукт коррозии при контакте Zn – Ni в кислой среде (HCl)
4. Укажите, с какими из указанных растворов ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) будет взаимодействовать никель при стандартных условиях? Приведите уравнения возможных реакций.
5. Магниевую пластинку опустили в раствор магния. При этом потенциал металла оказался равным  $-2,41\text{В}$ . Вычислите концентрацию ионов магния (моль/л).
6. Цинковую пластинку опустили в раствор цинка. При этом потенциал металла оказался равным  $-0,78\text{В}$ . Вычислите концентрацию ионов цинка (моль/дм<sup>3</sup>).
7. Составьте схему гальванического элемента, уравнения полуреакций анодного и катодного процессов, молекулярное уравнение реакции, проходящей при работе гальванического элемента, анодом которого является никель. Подберите материал для катода.
8. Как изменится (увеличится, уменьшится) или останется постоянной масса пластины из кобальта, погруженной в раствор, содержащий соли Fe (II), Mg, Ag (I). Напишите молекулярные уравнения реакций.
9. Какой гальванический элемент называется концентрационным? Составьте схему, напишите уравнения катодного и анодного процессов, вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из серебряных электродов, опущенных: первый – в 0,01 М, второй – в 0,1 М растворы  $\text{AgNO}_3$ .
10. Составьте схемы двух гальванических элементов, в одном из которых никель был бы катодом, а в другом – анодом. Напишите для каждого из этих элементов уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, рассчитайте их ЭДС при стандартных условиях. Изменится ли ЭДС, если концентрацию каждого из ионов уменьшить в 10 раз.
11. Железная и серебряная пластины соединены внешним проводником и погружены в раствор серной кислоты. Составьте схему данного гальванического элемента и напишите электронные уравнения процессов, происходящих на катоде и аноде. Рассчитайте для этого гальванического элемента (при стандартных условиях): 1) ЭДС, В; 2) константу равновесия; 3) энергию Гиббса;  $\Delta G^0$  кДж/моль; 4) энергию Гельмгольца.
12. Определите на основании расчетов какие из металлов (Zn, Ni, Cd, Pb, Ag) будут корродировать во влажной атмосфере. Напишите схемы катодного и анодного процессов.
13. Al склепан с Si. Какой из металлов будет подвергаться коррозии, если эти металлы попадут в кислую среду. Составьте схему коррозионного гальванического элемента, образующегося при этом. Вычислите ЭДС и  $\Delta G^{298}$  этого элемента в стандартных условиях.
14. Медное изделие окисляется в щелочном электролите при плотности анодного тока 1 А/дм<sup>2</sup> в течение 18 минут. При этом формируется оксидная пленка  $\text{CuO}$  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  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (удельная масса  $3,65 \text{ г/см}^2$ ), в котором при плотности тока  $3,0 \text{ А/дм}^2$  получают осадки КЭП, содержащие  $4,5 \text{ масс\% Al}_2\text{O}_3$ .

Рассчитать необходимое время нанесения покрытия толщиной  $4,0 \text{ мкм}$ , если выход по току для никеля составил  $97\%$ .

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                   |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                  | Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)   |
| 4                                  | Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)    |
| 3                                  | Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)     |
| 2                                  | Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%) |

### 9.7 Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачёт)

1. Сущность коррозии и причиняемый ею ущерб.
2. Классификация коррозионных процессов по характеру (локализации) разрушений.
3. Классификация коррозионных процессов по характеру коррозионной среды и механизмам протекания.
4. Методы диагностики коррозионных разрушений.
5. Методы испытаний материалов на коррозионную стойкость.
6. Косвенные показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
7. Весовые показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
8. Объемные показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
9. Электрохимические показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
10. Сущность и виды процессов химической коррозии.
11. Кислородная коррозия.
12. Коррозия в атмосфере сернистых газов
13. Водородная и карбонильная коррозия.
14. Условия образования сплошных устойчивых пассивирующих слоев продуктов газовой коррозии на поверхности материалов. Кинетика роста слоев продуктов коррозии.
15. Коррозия в жидкостях-неэлектролитах.
16. Механизм электрохимической коррозии.
17. Причины возникновения электрохимической неоднородности металлов.
18. Явления поляризации и деполяризации при электрохимической коррозии.
19. Атмосферная коррозия.
20. Морская коррозия
21. Виды подземной коррозии
22. Внешние факторы, влияющие на интенсивность коррозии.
23. Внутренние факторы, влияющие на интенсивность коррозии.
24. Особые конструктивно-геометрические факторы, оказывающие влияние на коррозию
25. Коррозия под действием дополнительных механических воздействий

26. Стандарты в области обеспечения коррозионной стойкости и защиты от коррозии
27. Принципы оптимального выбора материалов и их сочетаний по критерию максимальной коррозионной стойкости.
28. Учет конструктивно-геометрических факторов, влияющие на риск возникновения и интенсивность протекания коррозии.
29. Общая классификация методов защиты от коррозии.
30. Коррозионностойкое легирование.
31. Общая классификация защитных антикоррозионных покрытий. Подготовка поверхности к нанесению покрытий.
32. Лакокрасочные покрытия – разновидности, преимущества и недостатки.
33. Металлические защитные покрытия – методы нанесения, свойства. Катодные и анодные покрытия.
34. Стеклоэмалевые защитные покрытия – условия формирования, состав, свойства, преимущества и недостатки.
35. Полимерные и резиновые защитные покрытия.
36. Оксидные и фосфатные защитные покрытия.
37. Протекторная защита от коррозии.
38. Катодная и анодная электрохимическая защита.
39. Защита от коррозии посредством удаления агрессивных компонентов из окружающей среды и использования защитных атмосфер.
40. Методы ингибирования коррозии.

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации  
«зачёт»

| Шкала оценивания        | Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач                                      |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах                                    |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                           |

## **10 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

**Лист изменений и дополнений**

| №<br>п/п | Виды дополнений и изменений с указанием страниц | Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения | Подпись<br>(с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами) |
|----------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1.       |                                                 |                                                                                                                  |                                                                         |
| 2.       |                                                 |                                                                                                                  |                                                                         |
| 3.       |                                                 |                                                                                                                  |                                                                         |
| 4.       |                                                 |                                                                                                                  |                                                                         |