

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.10.2023 12:52:29  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 26 » июня 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки

**08.03.01 Строительство**

Направленность программы бакалавриата

**Промышленное и гражданское строительство**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

**Факультет механический**

Кафедра **теоретических основ материаловедения**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент Доцент		Лукашова Т.В. доцент Мякин С.В.

Рабочая программа дисциплины «Химическая стойкость строительных материалов» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения  
протокол от « 06 » \_\_06\_\_2019 № \_8\_

Заведующий кафедрой

М.М.Сычев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от « 21 » \_\_06\_\_2019 № \_11\_

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Строительство»		М.А.Яблокова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций .....	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	06
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.4.2. Лабораторные занятия.....	08
4.5. Самостоятельная работа.....	09
4.5.1 Темы контрольных работ.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Информационные справочные системы.....	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	12

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ОПК-1</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата.	<b>ОПК-1.13</b> Оценка химической стойкости строительных материалов.	<b>Знать:</b> Классификацию и механизмы коррозионных разрушений различных классов строительных материалов, основные факторы, влияющие на химическую стойкость материалов (ЗН-1); Методы диагностики и предотвращения коррозионных разрушений при проектировании сооружений и конструкций (ЗН-2). Классификацию материалов по химической стойкости в зависимости от характера коррозионной среды и условий эксплуатации (ЗН-3). <b>Уметь:</b> Проводить оценку и выполнять расчеты показателей коррозионной стойкости материалов (У-1); Осуществлять оптимальный выбор материалов для изготовления сооружений и конструкций по критериям максимальной химической стойкости с учетом характера коррозионной среды и условий эксплуатации (У-2). <b>Владеть:</b> Навыками оценки риска возникновения коррозионных разрушений исходя из условий эксплуатации сооружений и конструкций (Н-1).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана (Б1.0.17) и изучается на 3 и 4 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Химия», «Физика», «Строительные материалы».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Химическая стойкость строительных материалов» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Железобетонные и каменные конструкции», «Металлические конструкции», «Техническая эксплуатация зданий и сооружений», «Обследование зданий и сооружений», в научно-исследовательской работе бакалавров и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>10</b>
занятия лекционного типа	6
занятия семинарского типа, в т.ч.	4
семинары, практические занятия	2
лабораторные работы	2
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>94</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	2 К/р
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет (4)</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Введение.	0,5				ОПК-1
2.	Виды и механизмы коррозионных разрушений различных видов строительных материалов.	2	2		24	ОПК-1
3.	Методы диагностики коррозионных разрушений строительных материалов и их испытаний на коррозионную стойкость.	1,5		2	22	ОПК-1
4.	Принципы оптимального выбора строительных материалов по критериям коррозионной стойкости.	1			16	ОПК-1
5.	Методы предотвращения коррозии строительных материалов и защиты от нее.	1			32	ОПК-1

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ОПК-1.13	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение.</li> <li>2. Виды и механизмы коррозионных разрушений различных видов строительных материалов.</li> <li>3. Методы диагностики коррозионных разрушений строительных материалов и их испытаний на коррозионную стойкость</li> <li>4. Принципы оптимального выбора строительных материалов по критериям коррозионной стойкости.</li> <li>5. Методы предотвращения коррозии строительных материалов и защиты от нее.</li> </ol>

##### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<b>Введение.</b> Цели и задачи дисциплины. Прямой и косвенный ущерб от коррозии. Особенности коррозионных разрушений в строительстве.	0,5	Презентации по излагаемому материалу

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><b>Классификация коррозионных разрушений.</b> Классификация коррозионных процессов по характеру (локализации) разрушений, характеру коррозионной среды, механизмам протекания.</p>	1	Презентации по излагаемому материалу
2	<p><b>Механизмы протекания процессов коррозии.</b> Виды и механизмы химической коррозии. Газовая коррозия – особенности протекания в различных агрессивных газовых средах, специфическая стойкость и нестойкость различных классов строительных материалов (металлов, сплавов, цементов, бетонов, строительной керамики и др.) особенности кинетики. Коррозия в жидкостях-неэлектролитах. Электрохимическая коррозия – общий механизм, явления поляризации и деполяризации, особенности кинетики. Особенности атмосферной, морской, подземной (почвенной, микробиологической, под действием блуждающих токов) коррозии.</p>	1	Презентации по излагаемому материалу
3	<p><b>Методы диагностики коррозионных разрушений и испытаний на коррозионную стойкость.</b> Общие принципы, классификация и особенности методов диагностики различных видов коррозионных разрушений материалов. Стандартные методы испытаний материалов на коррозионную стойкость.</p>	1	Презентации по излагаемому материалу
3	<p><b>Показатели коррозионной стойкости</b> Стандартные прямые и косвенные показатели коррозионной стойкости (интенсивности протекания коррозии) и методики их расчета.</p>	0,5	Презентации по излагаемому материалу
4	<p><b>Методы предотвращения коррозии на стадии проектирования оборудования, конструкций и сооружений</b> Правила оптимального выбора материалов и их сочетаний по критерию максимальной коррозионной стойкости. Учет конструктивно-геометрических факторов, влияющих на риск возникновения и интенсивность протекания коррозии.</p>	1	Презентации по излагаемому материалу

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5	<p><b>Методы защиты от коррозии при эксплуатации оборудования, сооружений и конструкций</b></p> <p>Методы повышения коррозионной стойкости за счет воздействия на материал. Защитные покрытия: классификация, свойства, методы нанесения. Коррозионностойкое легирование. Электрохимическая (протекторная, катодная, анодная защита).</p>	1	Презентации по излагаемому материалу

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><b>Расчет показателей коррозионной стойкости</b></p> <p>Студенты выполняют индивидуальные задания по расчету весовых, объемных и электрохимических показателей коррозионной стойкости на основании измеренных массовых потерь материала, выделения водорода, поглощения кислорода или силы коррозионного тока при стандартных испытаниях</p>	2	Анализ конкретных ситуаций.

##### 4.4.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><b>Изучение кинетики электрохимической коррозии</b></p> <p>В лабораторной работе студенты учатся определять весовые потери металла и рассчитывают скорость коррозии по силе коррозионного тока в зависимости от природы материалов анодных и катодных участков, соотношения их площадей и условий контакта.</p>	2	



#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	<p>Прямой и косвенный ущерб от коррозии. Виды и механизмы химической коррозии. Газовая коррозия – особенности протекания в различных агрессивных газовых средах, специфическая стойкость и нестойкость различных материалов, особенности кинетики. Коррозия в жидкостях-неэлектролитах.</p> <p>Особенности атмосферной, морской, подземной (почвенной, микробиологической, под действием блуждающих токов) коррозии.</p> <p>Внешние и внутренние факторы, влияющие на интенсивность коррозии.</p> <p>Особые конструктивно-геометрические факторы, оказывающие влияние на коррозию</p> <p>Коррозия под действием дополнительных механических воздействий (коррозионное растрескивание, коррозионная усталость. коррозия при трении, гидроэрозия, кавитационная коррозия и струйная эрозия.</p>	24	Ответы на вопросы к зачету
3	Стандартные прямые и косвенные показатели коррозионной стойкости (интенсивности протекания коррозии) и методики их расчета.	12	Ответы на вопросы к зачету Контрольная работа №1
3	Стандарты в области обеспечения коррозионной стойкости и защиты от коррозии	10	Ответы на вопросы к зачету
4	Методы повышения коррозионной стойкости за счет воздействия на материал. Защитные покрытия: классификация, свойства, методы нанесения. Коррозионностойкое лакирование	16	Ответы на вопросы к зачету
5	Электрохимическая (протекторная, катодная, анодная защита)	20	Ответы на вопросы к зачету Контрольная работа №2
5	Методы защиты от коррозии посредством воздействия на коррозионную среду. Удаление агрессивных компонентов из окружающей среды. Ингибирование коррозии. Использование защитных атмосфер.	12	Ответы на вопросы к зачету

#### 4.5.1 Темы контрольных работ

**Контрольная работа № 1** «Расчет показателей коррозионной стойкости».

**Контрольная работа № 2** «Расчет параметров электрохимической защиты»:

2.1 Расчет параметров протекторной защиты.

2.2 Расчет параметров станции катодной защиты.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме сдачи отчетов по лабораторным работам. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций. При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

##### Вариант № 1

1. Классификация коррозионных процессов по характеру (локализации) разрушений.
2. Методы диагностики коррозионных разрушений.
3. Протекторная защита от коррозии.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

#### 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

##### а) печатные издания:

1. Теоретические и практические основы химического сопротивления материалов: лабораторный практикум / С.И.Гринева [и др.], СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. - СПб., 2013. – 51 с.
2. Основы материаловедения, коррозии и технологии материалов : учеб. пособие / М.М.Сычев [и др.]; СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. - СПб., 2011. – 94 с.
3. Жук, Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: учебное пособие для вузов / Н.П. Жук. – М.: «Альянс». 2006. – 472 с.
4. Терентьев, В.И. Борьба с коррозией в системах водоснабжения: /

В.И. Терентьев, С.В. Караван, Н.М. Павловец. – СПб.: «Проспект науки». 2007. – 324с.

**б) электронные учебные издания:**

1. Коррозия и методы защиты: учеб. пособие / С.И.Гринева [и др.], СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. - СПб., 2012. – 96 с. (ЭБ)
2. Коробко, В.Н. Электрохимическая защита от коррозии: метод. указ. / В.Н.Коробко, С.В.Мякин, М.М.Сычев - СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. - СПб., 2013. – 55 с. (ЭБ)
3. Швейцер, Ф.А. Коррозия пластмасс и резин: / Ф.А. Швейцер. – СПб.: «НОТ», 2010. – 638 с. (ЭБС Лань)

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru> электронно-библиотечные системы:
2. «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
3. «Лань» <http://e.lanbook.com>
4. [tom-spbgti.narod.ru](http://tom-spbgti.narod.ru)
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru/search.page?phrase=>
6. [www.ibooks.ru](http://www.ibooks.ru)
7. [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Химическая стойкость строительных материалов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭОИС.

## **10.2. Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Excel)

## **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»;

<http://bibl.lti-gti.ru>;

<http://www.sciencemag.org>;

<http://online.sagepub.com>;

<http://worldwide.espacenet.com>.

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория, оснащенная вытяжной вентиляцией, оборудованием и материалами, необходимыми для проведения лабораторного практикума.

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

- Электронные аналитические весы
- Образцы материалов для проведения испытаний на коррозионную стойкость
- Муфельные печи
- Сушильные шкафы
- Инструменты для измерения геометрических размеров образцов: электронные штангенциркули, магнитные толщиномеры
- рН-метры
- водородные коррозиметры
- Растворы кислот, щелочей и солей
- Химическая посуда
- Электрические нагреватели
- Электроизмерительные приборы
- Компьютеры

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
по дисциплине «Химическая стойкость строительных материалов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата.	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ОПК-1.13</b> Оценка химической стойкости строительных материалов.	Знает классификацию и механизмы коррозионных разрушений различных классов строительных материалов, основные факторы, влияющие на химическую стойкость материалов (ЗН-1);	Ответы на вопросы № 1-19 к зачету.	Имеет представление об основных видах коррозионных разрушений строительных материалов и конструкций.	Имеет представление о механизмах коррозионных разрушений строительных материалов и конструкций.	Способен определять механизмы коррозионных разрушений и факторы, влияющие на них.
	Знает методы диагностики и предотвращения коррозионных разрушений при проектировании сооружений и конструкций (ЗН-2).	Ответы на вопросы № 20-21, 27-40 к зачету. Индивидуальное задание № 2.	Имеет представление о методах диагностики и предотвращения коррозионных разрушений.	Способен выбирать оптимальные методы диагностики коррозионных разрушений в конкретных ситуациях	Способен выбирать оптимальные методы предотвращения коррозионных разрушений в конкретных ситуациях
	Знает классификацию материалов по химической стойкости в зависимости от характера коррозионной среды и условий эксплуатации (ЗН-3).	Правильные ответы на вопросы № 20-21, 30-35 к зачету.	Имеет представление о принципах классификации материалов по коррозионной стойкости.	Способен определять принадлежность конкретных материалов к соответствующим группам по коррозионной стойкости.	Способен экспериментально определять группы коррозионной стойкости конкретных материалов.
	Умеет проводить оценку и выполнять расчеты показателей коррозионной стойкости материалов (У-1);  Умеет осуществлять оптимальный выбор материалов для из-	Ответы на вопросы № 22-26 к зачету. Индивидуальное задание № 1.  Правильные отве-	Способен решать типовые контрольные задачи на определение показателей коррозионной стойкости.	Способен оценивать факторы, влияющие на коррозионную стойкость материалов.	Способен самостоятельно проводить сравнительный анализ материалов по показателям коррозионной стойкости. Способен осуществ-

	<p>готовления сооружений и конструкций по критериям максимальной химической стойкости с учетом характера коррозионной среды и условий эксплуатации (У-2).</p> <p>Владеет навыками оценки риска возникновения коррозионных разрушений исходя из условий эксплуатации сооружений и конструкций (Н-1).</p>	<p>ты на вопросы № 27-28 к зачету. Индивидуальное задание № 3.</p> <p>Ответы на вопросы № 1-26 к зачету.</p>	<p>Имеет представление об основных принципах выбора материалов по критериям максимальной коррозионной стойкости.</p> <p>Имеет представление об основных видах коррозионных разрушений строительных материалов и факторах, обуславливающих риск их возникновения.</p>	<p>Способен проводить сравнительную оценку химической стойкости материалов с учетом особенностей коррозионной среды и условий эксплуатации.</p> <p>Способен оценивать риск возникновения коррозионных разрушений в конкретных модельных ситуациях.</p>	<p>лять оптимальный выбор материалов для конкретных назначений по критериям коррозионной стойкости с учетом характера коррозионной среды и условий эксплуатации.</p> <p>Способен самостоятельно прогнозировать риск возникновения коррозионных разрушений материалов и конструкций с учетом условий их эксплуатации.</p>
--	---	--	--	--	--

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Шкала оценивания - «зачтено», «не зачтено». Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень освоения предусмотренных элементов компетенций.

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Контрольная работа №1. Расчет показателей коррозионной стойкости

При выполнении контрольной работы необходимо ответить на теоретический вопрос и решить три задачи по расчету показателей коррозионной стойкости.

Коррозионная стойкость – способность металла сопротивляться коррозии. Показатели коррозионной стойкости позволяют сравнить различные металлы и сплавы по способности сопротивляться коррозии.

Весовой показатель  $K_B$  характеризует потерю массы металла в результате коррозии с единицы поверхности в единицу времени:

$$K_B = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau}, [\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})] \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – потеря массы металла, г;  $S$  – поверхность металла, подвергнутая коррозии,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – время коррозии, ч.

Глубинный показатель  $\Pi$  характеризует глубину коррозионного разрушения металла в единицу времени:

$$\Pi = K_B \frac{8,76}{\rho}, [\text{мм}/\text{год}] \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность металла,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Объемный показатель  $K_V$  характеризует объем выделившегося в результате коррозии водорода (или поглощенного кислорода) с единицы поверхности в единицу времени:

$$K_V = \frac{\Delta V_{\text{H}_2}}{S \cdot \tau}, [\text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})] \quad (3)$$

где  $\Delta V_{\text{H}_2}$  ( $\Delta V_{\text{O}_2}$ ) объем выделившегося водорода (поглощенного кислорода) в  $\text{см}^3$ , приведенный к нормальным условиям по формуле:

$$\Delta V_{\text{H}_2} = \frac{\Delta V_{\text{H}_2\text{изм}} \cdot p \cdot 273}{760 \cdot (273 + t)}, [\text{см}^3] \quad (4)$$

где  $p$  – давление, мм.рт.ст. (нормальное давление = 760 мм рт.ст. или 1013 гПа);  $t$  – температура, °С;  $\Delta V_{\text{H}_2\text{изм}}$  ( $\Delta V_{\text{O}_2\text{изм}}$ ) – объем выделившегося водорода (поглощенного кислорода), измеренный в опыте при данных  $p$  и  $t$ .

Зная  $\Delta V_{\text{H}_2}$  ( $\Delta V_{\text{O}_2}$ ), можно найти потерю массы:

$$\Delta m = \frac{A \cdot \Delta V_{\text{H}_2}}{n \cdot 11,2 \cdot 1000}, [\text{г}] \quad (5a) \quad \Delta m = \frac{A \cdot \Delta V_{\text{O}_2}}{n \cdot 5,6 \cdot 1000}, [\text{г}] \quad (5b)$$

$A$  – атомная масса металла, г/моль;  $n$  – валентность.

В случае электрохимической коррозии потерю массы можно также найти с помощью закона Фарадея по силе коррозионного тока:

$$\Delta m = \frac{A \cdot 60}{F \cdot n \cdot 1000} \cdot \int_0^\tau I(\tau) d\tau, [\text{г}] \quad (6)$$

где  $I$  – сила коррозионного тока, мА;  $F = 96500$  Кл/моль – число Фарадея;  $\tau$  – время, мин. Интеграл  $I(\tau)d\tau$  находится из площади графической зависимости тока коррозии от времени.

**Теоретический вопрос:** В чем заключается механизм электрохимической коррозии?



### Задание 1

Определить весовые потери и объемный показатель скорости коррозии сплава, если процесс протекал с водородной деполяризацией и известны:

температура – 18°C;

давление – 757 мм рт. ст.;

валентность – 3;

атомная масса – 27,0

количество выделившегося водорода за 1,5 часа составило 69 см<sup>3</sup>

размеры изделия – диаметр 0,030 м, длина 0,065 м

### Задание 2

Определить весовые потери сплава по силе коррозионного тока и глубинный показатель скорости коррозии, если известны:

температура – 21 °С;

валентность – 2;

атомная масса – 65,4;

время испытания – 2,3 часа;

плотность – 7100 кг/м<sup>3</sup>;

размеры контактируемой поверхности 0,035 м × 0,030 м × 0,005 м;

сила тока в момент погружения – 150 мА; через 2 минуты – 100 мА;

через 4 минуты – 98 мА; через 6 минут – 96 мА; через 8 минут – 94 мА;

через 10 минут – 90 мА и далее она не менялась.

### Задание 3

Определить время контакта сплава с коррозионной средой, если известны:

плотность – 7100 кг/м<sup>3</sup>;

температура – 25 °С;

давление – 754 мм рт. ст.;

валентность – 2;

атомная масса – 65,4;

объем поглощенного кислорода – 8 см<sup>3</sup>;

глубинный показатель коррозии – 0,56 мм/год;

размеры изделия – диаметр 0,056 м, длина 0,081 м.

## 3.2 Контрольная работа №2. Расчет параметров электрохимической защиты

При выполнении контрольной работы необходимо ответить на теоретический вопрос и решить задачу по расчету параметров протекторной или катодной защиты

### Вариант 1.

**Теоретический вопрос:** Пассивация поверхности металлов, ее причины и теории, объясняющие ее возникновение.

#### 3.2.1 Расчет параметров протекторной защиты

Склад жидкого топлива состоит из  $n$  стальных шаровидных резервуаров объемом  $V$  м<sup>3</sup>. Они находятся в почве, удельное сопротивление которой в среднем в течении года составляет  $\rho_{\text{п}}$  (Ом • м) (рисунок 1). Чтобы установить силу тока, необходимую для получения защитного потенциала, была произведена пробная катодная поляризация поверхности объекта. Найдено, что для достижения потенциала  $-0,85\text{В}$  (относительно медно-сульфатного электрода сравнения) необходим ток  $I_{\text{п.з}}$ . Площадь поверхности одного резервуара  $S_1$ , площадь переливных труб –  $S_2$ . Таким образом, полная площадь защищаемой поверхности составляет  $S_3 = S_1 \cdot n_{\text{р}} + S_2$ . При этом защитная плотность тока должна составлять:

$$J_{п.з.} = I_{п.з.} / (n_p * S_1 + S_2) = I_{п.з.} / S_3 \text{ А / м}^2. \quad (1)$$

где  $n_p$  – количество резервуаров

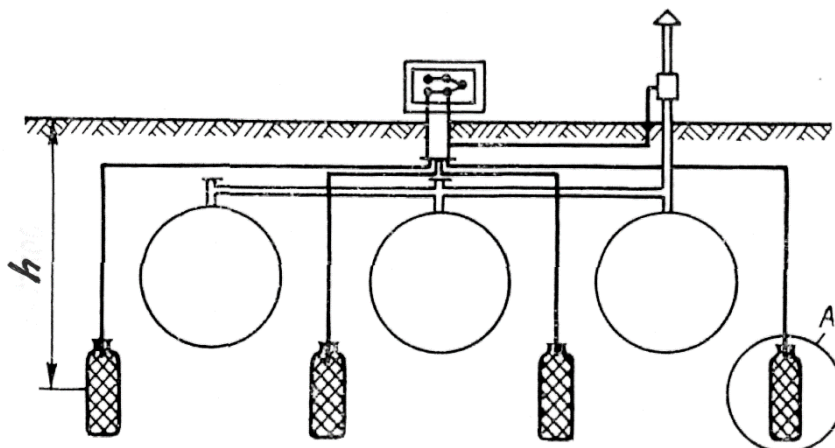


Рисунок 1 – Схема протекторной защиты подземных стальных резервуаров

Для защиты резервуаров применены цилиндрические протекторы, размеры которых приведены на рисунке 2, а электротехнические параметры – в таблице 1. Протекторы помещены в заполнители, параметры которых приведены в таблице 2.

Перед монтажом защиты необходимо определить следующие параметры:

1. Сопротивление растеканию тока одного протектора, установленного вертикально  $R_{1A \text{ верт}}$  (Ом):

$$R_{1A \text{ верт.}} = \frac{\rho_2}{2\pi l_3} \times 2,3 \times \left\{ \lg \frac{2l_3}{d_3} + 0,5 \times \lg \frac{4h + l_p}{4h - l_3} + \frac{\rho_3}{\rho_2} \times \lg \frac{d_3}{d} \right\}, \text{ Ом} \quad (2)$$

где  $\rho_r$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;  
 $\rho_3$  – сопротивление заполнителя, Ом·м;  
 $d$  – диаметр протектора, м;  
 $d_3$  – диаметр заполнителя (протектора вместе с заполнителем), м;  
 $l_3$  – высота заполнителя, м;  
 $h$  – глубина установки протектора, м.

При горизонтальном размещении отдельного протектора сопротивление растеканию тока определяется по формуле:

$$R_{1A \text{ гор.}} = \frac{0,16 \times \rho_2}{l_3} \times \left\{ 2,3 \times \lg \frac{4l_3}{d_3} + 2,3 \times \lg \frac{l_3}{h} + \frac{2h}{l_3} - 2 \right\}; \text{ Ом} \quad (3)$$

где  $\rho_r$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;  
 $l_3$  – длина протектора вместе с заполнителем, м;  
 $h$  – глубина установки протектора, м;  
 $d_3$  – диаметр протектора вместе с заполнителем, м.

2. Силу поляризующего тока, которую можно получить от одного протектора

$I_{п.з.1}$  (А):

$$I_{п.з.1} = E_{пз} / (R_p + R_A); \text{ А} \quad (4)$$

где  $I_{п.з.1}$  - величина поляризующего тока от одного протектора, А;

$E_{п.з}$  - величина потенциала после введения защиты, В (таблица 1);

$R_p$  - сопротивление резервуаров, Ом;

$R_{1A}$  - сопротивление растеканию тока, Ом.

3. Число протекторов, необходимых для защиты данной конструкции п:

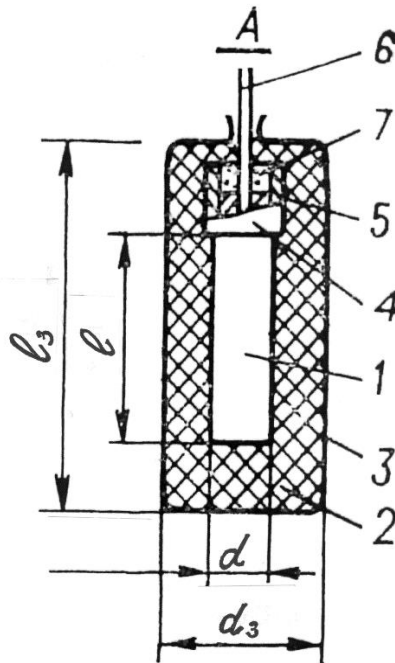
$$n = I_{п.з.} / I_{п.з.1} \quad (5)$$

Склад топлива является сложной конструкцией, которая требует применения сгруппированных протекторов, так как они оказывают влияние друг на друга, что снижает их токоотдачу (особенно при близком взаимном расположении). С целью достижения максимально равномерно распределённого потенциала обычно устанавливают две группы протекторов, размещённых на уровне дна резервуаров. Число групп протекторов и их количество в каждой группе определяется методом последовательных приближений.

4. Сопротивление растеканию тока группы протекторов:

$$R_{A \text{ гр.}} = R_{A1} / (n * \beta); \text{ Ом} \quad (6)$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий взаимодействие протекторов в группе,  $\beta = 0,8$ .



1 – протектор; 2 – наполнитель; 3 – мешок из полотна; 4 – изоляционная втулка; 5 – впаянный оцинкованный стальной пруток; 6 – электрический провод, припаянный к прутку 5; 7 – изоляция

Рисунок 2 – Конструкция протектора с наполнителем

5. Силу поляризующего тока, которую можно получить от группы протекторов:

$$I_{п.з. \text{ гр.}} = E_{пз} / (R_p + R_{A \text{ гр.}}), \text{ А} \quad (7)$$

где  $E_{п.з}$  - потенциала после введения защиты, В (таблица 1);

$R_p$  - сопротивление резервуаров, Ом;

$R_{A \text{ гр.}}$  - сопротивление растеканию тока группы протекторов; Ом.

6. После проведенных расчетов необходимо определить, даёт ли данная система двух групп протекторов достаточный поляризующий ток:

$$I_{п.з.} \leq 2 I_{п.з. гр.} \quad (8)$$

Если это условие не выполняется, необходимо увеличить количество протекторов в группе (метод последовательных приближений).

7. Масса протектора, имеющего цилиндрическую форму, определяют из его объёма и плотности металла – Al – 2800 кг/м<sup>3</sup>; Zn – 7100 кг/м<sup>3</sup>; Mg – 1740 кг/м<sup>3</sup>.

8. Срок службы протектора – время, в течение которого протектор даёт поляризующий ток:

$$\tau_{п} = 31,7 \times 10^{-3} \frac{m_n \times \eta}{I_{п.з.1}} ; \text{ лет} \quad (9)$$

где  $m_n$  – масса протектора, кг;

$I_{п.з.}$  – средняя сила тока протекторной защиты, А;

$\eta$  – коэффициент полезного действия протектора (таблица 1).

Это уравнение предполагает полное растворение протектора. С учетом реальных условий работы защитной системы, полученное значение уменьшается пропорционально коэффициенту использования материала протектора К (в зависимости от вида использованного сплава он колеблется от 0,75 до 0,9). В связи с этим реальное время работы протектора составляет:

$$t_{пр} = K * \tau_{п} \quad (10)$$

Таблица 1 – Общая электрохимическая характеристика протекторных сплавов

Показатели	Металл – основа протекторного сплава		
	Zn	Mg	Al
Стандартный потенциал металла—основы, В	–0,76	–2,38	–1,66
Стационарный потенциал протектора относительно медносульфатного электрода сравнения, В			
в почве*	От –0,9 до –1,1	От –1,4 до –1,6	От –0,9 до –1,2
в морской воде	–1,1	–1,55 – –1,75	–1,0 – –1,2
Э. д. с. пары сталь ** – протектор, В	0,35–0,55	0,85–1,20	0,35–0,65
Теоретическая токоотдача, А·с/кг	295,2·10 <sup>4</sup>	792·10 <sup>4</sup>	1072,8·10 <sup>4</sup>
Практическая токоотдача, А·с/кг	(280–290)·10 <sup>4</sup>	(395–430)·10 <sup>4</sup>	(540–870)·10 <sup>4</sup>
К. п. д. протектора, %	До 95	50–55	50–80
Теоретический расход материала, мг/(А·с)	0,339	0,126	0,093
Реальный расход материала, мг/(А·с)	0,38	0,25	0,11–0,18

\* Протектор находится в заполнителе.

\*\* Стационарный потенциал стали в среднем равен –0,55 В относительно медносульфатного электрода сравнения.

Таблица 2 – Состав и область применения заполнителей

Состав заполнителя, % (масс )	Применение
Бентонит 50, гипс 25, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 25	Для магниевых и цинковых протекторов, находящихся в почвах с удельным сопротивлением менее 20 Ом·м Для магниевых протекторов, помещенных в почвы с удельным сопротивлением 20—100 Ом·м То же Для алюминиевых протекторов
Бентонит 50, гипс 50	
Бентонит 20, гипс 75, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O 5 Бентонит 90, NaCl 5, Ca(OH) <sub>2</sub> 5	

Таблица 3 – Величины, которые необходимо рассчитать

S <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> , м <sup>2</sup>	Защитная плотность тока, J <sub>п.т</sub> А/м <sup>2</sup>	R <sub>1А</sub> , Ом	I <sub>п.з.1</sub> одного протектора, А	n, количество протекторов	R <sub>А гр.</sub> , Ом	Сила тока от группы протекторов, I <sub>п.з. гр.</sub> , А	Необходимое количество протекторов в группе, n шт	Масса протектора, m кг	Срок службы протектора τ <sub>п</sub> , лет

$$1 - V_{ш} = 4/3 \pi r^3 = \pi/6 D^3, \quad S_{ш} = 4\pi r^2 = \pi D^2.$$

$$2 - I_{п.з.1} = U/(R_{рез} + R_A); \quad U - \text{таблица № 1}$$

$$3 - J_{п.т} = I/S; \quad A/m^2 \quad (11)$$

$$4 - n = I/I_{п.з.1};$$

$$5 - R_{А гр.} = R_A/(n * \beta), \quad \text{Ом}$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий взаимодействие протекторов в группе,  $\beta = 0,8$ .

$$6 - I_{п.з. гр.} = U/(R_{рез} + R_{А гр.})$$

Количество протекторов в группе подбирается таким образом, чтобы суммарная сила тока от обеих групп протекторов превышала величину тока I<sub>п.з.</sub>, необходимой для достижения защитного потенциала U<sub>защ</sub> = – 0,85 В.

Данные для расчёта:

ЭДС пары СТАЛЬ – ПРОТЕКТОР: Zn – 0,5 В; Mg – 1,0 В; Al – 0,5 В.

КПД протектора ( $\eta$ ): Zn – 0,9; Mg – 0,5; Al – 0,7.

Коэффициент использования материала протектора K = 0,8.

### 3.2.2 Расчет параметров станции катодной защиты

Стальной трубопровод длиной L м, наружный диаметр D<sub>z</sub>, м толщиной стенки  $\delta$ , м, используется для снабжения промышленного предприятия технической водой. Для антикоррозионной защиты наружная поверхность трубопровода покрыта асфальтобитумной изоляцией с армировкой из стекловолокна, а также катодная защита. Почва на трассе трубопровода характеризуется очень большой агрессивностью – среднее сопротивление

грунта  $\rho_r$ , Ом\*м. Трасса трубопровода удалена от городских кварталов. Параметры катодной защиты определяются математическими расчётами.

1. Определяем значение продольного сопротивления участка трубопровода длиной в 1 м. ( $\rho_{\text{стали}} = 1,35 \cdot 10^{-7}$  Ом\*м):

$$R_m = \frac{\rho_m}{\pi(D_z - \delta) \times \delta}, \text{ Ом х м; где} \quad (1)$$

$\rho_m$  – удельное сопротивление металла, Ом\*м;

$D_z$  – внешний диаметр трубы, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы, м;

2. Асфальтобитумное покрытие за довольно короткое время (несколько месяцев эксплуатации) теряет свои изоляционные свойства, поэтому принимаем удельное сопротивление изоляции  $R'_u$  (таблица 1).

Переходное сопротивление изоляции изоляции на единицу длины трубопровода составляет:

$$R_u = \frac{R_u}{\pi \times D_z}, \text{ Ом х м} \quad (2)$$

3. Определяем коэффициент распределения тока:

$$\alpha = \sqrt{R_m / R_u}, \text{ м}^{-1} \quad (3)$$

4. Определяем эффективное сопротивление трубопровода:

$$R_k = \frac{1}{2} \times \sqrt{R_m \times R_u}, \text{ Ом} \quad (4)$$

5. Средний стационарный потенциал трубопровода составляет **-0,55 В** относительно медносульфатного электрода, защитный потенциал **-0,85 В**, а потенциал защиты в точке дренажа не может быть отрицательнее **-1,2 В**. Длина участка трубы, защищаемой отдельной станцией (удвоенный радиус защиты) равна:

$$l = \frac{4,6}{\alpha} \times \lg \frac{\Delta E_0}{\Delta E_m} = \frac{4,6}{\sqrt{\frac{R_m}{R_u}}} \times \lg \frac{\Delta E_0}{\Delta E_m}, \text{ где} \quad (5)$$

где:  $\Delta E_0$  – изменение потенциала в точке дренажа, В;

$\Delta E_m$  – разность между стационарным и защитными потенциалами, В.

1. Определяем количество СКЗ, необходимых для защиты всего трубопровода:

$$N = \frac{L}{l}, \text{ м} \quad (6)$$

2. Определяем силу тока для отдельной станции:

$$I_{\text{к.з}} = \frac{\Delta E_0}{R_k + \frac{\rho_z}{2\pi y}}, \text{ А; где} \quad (7)$$

$y$  – расстояние между анодом и трубопроводом, м

$R_K$  – эффективное сопротивление конструкции, Ом

$\rho_r$  – удельное сопротивление грунта, Ом х м

3. Определяем выходное напряжение СКЗ:

$$U = I_{к.з} (R_K + R_A + R_{пр}), В \quad \text{где:} \quad (8)$$

$R_A$  – сопротивление растеканию тока анода, Ом;

$R_{пр}$  – сопротивление проводников, Ом.

4. Сопротивление растеканию тока для группы анодов:

$$R_{\text{Аверт}} = \frac{0,16\rho_z}{n \times l} \times \left( 2,3 \times \lg \frac{4l_3}{r} - 1 + \frac{2l_3}{m} \times 2,3 \times \lg(0,656 \times n) \right); \text{ Ом,} \quad (9)$$

где:

$n$  – число анодов в группе;

$l_3$  – длина анода вместе с заполнителем, м;

$r_3$  – радиус анода вместе с заполнителем, м;

$m$  – расстояние между соседними анодами в группе, м

Аноды изготовлены из сплава Pb – 2%, Ag. Используются аноды группами. В каждой группе  $n$  анодов, соединённых параллельно. Каждый анод помещён в отдельную засыпку из гранулированного графита размером  $l_3$  и  $d_3$ .

5. Сопротивление проводников:

$$R_{пр} = \frac{\rho_{Al} \times y}{S_{пр}}, \text{ Ом;} \quad (10)$$

где:

$\rho_{Al} = 0,27 \times 10^{-7}$  Ом х м

$y$  – расстояние между анодом и трубопроводом, м;

$S_{пр}$  – площадь поперечного сечения проводника, м<sup>2</sup>.

6. Определяем мощность станции

$$W = U * I_{к.з.}, \text{ Вт.} \quad (11)$$

### 3.3. Вопросы для подготовки к зачету

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. Сущность и виды процессов химической коррозии.
5. Кислородная коррозия.
6. Коррозия в атмосфере сернистых газов
7. Водородная и карбонильная коррозия.
8. Условия образования сплошных устойчивых пассивирующих слоев продуктов газовой коррозии на поверхности материалов. Кинетика роста слоев продуктов коррозии.
9. Коррозия в жидкостях-неэлектролитах.
10. Механизм электрохимической коррозии.
11. Причины возникновения электрохимической неоднородности металлов.
12. Явления поляризации и деполяризации при электрохимической коррозии.
13. Атмосферная коррозия.
14. Морская коррозия
15. Виды подземной коррозии
16. Внешние факторы, влияющие на интенсивность коррозии.

17. Внутренние факторы, влияющие на интенсивность коррозии.
18. Особые конструктивно-геометрические факторы, оказывающие влияние на коррозию
19. Коррозия под действием дополнительных механических воздействий
  
20. Методы диагностики коррозионных разрушений.
21. Методы испытаний материалов на коррозионную стойкость.
22. Косвенные показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
23. Весовые показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
24. Объемные показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
25. Электрохимические показатели коррозионной стойкости и методы их определения.
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. Коррозионно-стойкое 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.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.