

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 17.11.2023 17:47:31
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
«18» февраля 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
ХИМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

Направление подготовки
15.03.03 Прикладная механика
Направленность программы бакалавриата
Динамика и прочность машин и аппаратуры

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет механический

Кафедра теоретических основ материаловедения

Санкт-Петербург

2022

Б1.О.16

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения
протокол от «20» 01 2022 № 4
Заведующий кафедрой

М.М. Сычев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета
протокол от «15» 02 2022 № 7

Председатель

А.Н.Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки		Н.А. Марцулевич
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
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.....	06
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	08
4.4. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	09
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	09
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	09
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	10
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	10

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

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
<p>ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК 1.11 Способен экспериментально определять и прогнозировать коррозионную стойкость материалов и конструкций, выполнять расчеты показателей коррозионной стойкости и средств защиты от коррозии.</p>	<p>Знать: Методы испытания материалов на коррозионную стойкость (ЗН-1); Уметь: Проводить оценку риска коррозионных разрушений материалов на основе результатов стандартных испытаний (У-1); Владеть: Навыками проведения расчетов показателей коррозионной стойкости на основании результатов испытаний (Н-1)</p>
<p>ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	<p>ОПК 7.2 Оптимальный выбор материалов и проектирование конструкций по критериям коррозионной стойкости</p>	<p>Знать: Классификацию материалов по коррозионной стойкости в зависимости от характера коррозионной среды и условий <u>эксплуатации</u> (ЗН-2); Методы диагностики коррозионных разрушений и подходы к их предотвращению (ЗН-3) Уметь: Осуществлять оптимальный выбор материалов для изготовления оборудования, сооружений и конструкций по критериям максимальной коррозионной стойкости с учетом характера коррозионной среды и условий эксплуатации (У-2)</p>

¹ Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

² Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

³ Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
		<p>Проводить мероприятия по предотвращению коррозии оборудования, сооружений и конструкций (У-3);</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками сравнительного анализа материалов по критериям коррозионной стойкости (Н-2)</p> <p>Навыками диагностики коррозионных повреждений элементов оборудования и конструкций (Н-3)</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.16) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Химия», «Физика», «Материаловедение». Полученные в процессе изучения дисциплины «Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли», «Строительная механика машин и конструкций», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
Контактная работа с преподавателем:	52
занятия лекционного типа	16
занятия семинарского типа, в т.ч.	-
лабораторные работы	32
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	56
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Индивидуальные задания
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Виды и механизмы коррозионных разрушений	6	0	4	14	ОПК-1 ОПК-7
2	Методы диагностики коррозионных разрушений и испытаний на коррозионную стойкость.	3	0	14	10	ОПК-7
3	Методы предотвращения коррозии и защиты от нее	7	0	14	32	ОПК-1 ОПК-7
	ИТОГО	16	0	32	56	

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение. Классификация коррозионных разрушений. Прямой и косвенный ущерб от коррозии. Классификация коррозионных процессов по характеру (локализации) разрушений, характеру коррозионной среды, механизмам протекания.	1	ЛВ ¹

¹ **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Механизмы протекания процессов 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.	5	ЛВ
2	Методы диагностики коррозионных разрушений и испытаний на коррозионную стойкость Общие принципы, классификация и особенности методов диагностики различных видов коррозионных разрушений материалов. Стандартные методы испытаний материалов на коррозионную стойкость	2	ЛВ
2	Показатели коррозионной стойкости Стандартные прямые и косвенные показатели коррозионной стойкости (интенсивности протекания коррозии) и методики их расчета.	1	Л
3	Методы предотвращения коррозии на стадии проектирования оборудования, конструкций и сооружений Правила оптимального выбора материалов и их сочетаний по критерию максимальной коррозионной стойкости Учет конструктивно-геометрических факторов, влияющих на риск возникновения и интенсивность протекания коррозии	2	Л
3	Методы защиты от коррозии при эксплуатации оборудования, сооружений и конструкций Методы повышения коррозионной стойкости за счет воздействия на материал. Защитные покрытия: классификация, свойства, методы нанесения. Коррозионно-стойкое легирование. Электрохимическая (протекторная, катодная, анодная защита)	5	ПЛ

4.3. Занятия семинарского типа.

Учебным планом не предусмотрены.

4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<p>Потенциалы металлов в растворах электролитов На лабораторном занятии студенты определяют электродные потенциалы ряда металлов в растворах электролитов с помощью рН-метра в зависимости от условий подготовки поверхности материала, состава и концентрации растворов электролитов.</p>	2	
1	<p>Изучение кинетики электрохимической коррозии 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	
2	<p>Влияние внешних и внутренних факторов на скорость коррозии При выполнении лабораторной работы студенты изучают коррозионное поведение материалов в среде различных кислот в зависимости от химического <u>состава</u> <u>структуры</u> материала и концентрации кислоты или щелочи, температуры и особенностей контакта с окружающей средой.</p>	4	
2	<p>Определение скорости коррозии металлов и сплавов объемным методом Студенты изучают кинетику <u>газовыделения</u> при протекании коррозии в кислых и щелочных средах и на основании результатов измерений объема выделяющегося водорода рассчитывают объемный и весовой показатели коррозии.</p>	4	
2	<p>Определение качества лакокрасочного покрытия электрохимическим методом Студенты проводят оценку <u>сплошности</u> и пористости лакокрасочного покрытия посредством определения очагов точечной коррозии по изменению окраски специального индикатора</p>	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
2	<p>Расчет показателей коррозионной стойкости Студенты выполняют индивидуальные задания по <u>расчету</u> весовых, объемных и электрохимических показателей коррозионной стойкости на основании данных измерения потери массы материала, выделения водорода, поглощения кислорода или силы коррозионного тока при стандартных испытаниях.</p>	4	
3	<p>Расчет параметров электрохимической защиты Студенты рассчитывают требуемые характеристики систем протекторной и катодной защиты для заданных конструкций и сооружений на основании исходных данных для проектирования</p>	6	
3	<p>Защита от коррозии с помощью ингибиторов Студенты изучают влияние химической природы и концентрации ингибиторов на снижение интенсивности коррозионного разрушения различных материалов в заданных агрессивных средах и определяют оптимальные условия ингибирования на основании полученных данных.</p>	4	
3	<p>Защита от коррозии стеклоэмалевыми покрытиями. Студенты знакомятся с методами подготовки поверхности материалов к нанесению защитных стеклоэмалевых покрытий и их формирования, наносят стеклоэмалевые покрытия на поверхность образцов защищаемых материалов и определяют характеристики полученных покрытий (<u>сплошность, толщину, адгезию</u>).</p>	4	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Особые конструктивно-геометрические факторы, оказывающие влияние на коррозию (щелевая, ножевая коррозия) Коррозия под действием дополнительных механических воздействий (коррозионное растрескивание, коррозионная усталость. коррозия при трении, гидроэрозия, кавитационная коррозия и струйная эрозия.	14	Устный опрос
2	Стандарты в области обеспечения коррозионной стойкости и защиты от коррозии	10	Устный опрос
3	Методы защиты от коррозии посредством воздействия на коррозионную среду. Удаление агрессивных компонентов из окружающей среды. Ингибирование коррозии. Использование защитных атмосфер.	16	Устный опрос
3	Выбор оптимальных коррозионно-стойких материалов для эксплуатации в заданных условиях	16	Индивидуальное задание

4.5 Темы индивидуальных заданий

ИЗ №1 - Расчет показателей коррозионной стойкости

ИЗ №2 - Расчет параметров электрохимической 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: <https://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 и индивидуальных заданий.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

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:

<p>Вариант № 1</p> <ol style="list-style-type: none">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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Печатные издания:

1. Коррозия и методы защиты: учебное пособие / С.И.Гринева, М.М. Сычев, Т.В. Лукашова [и др.], Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 96 с.

2. Теоретические и практические основы химического сопротивления материалов: лабораторный практикум / С.И.Гринева, В.Н. Коробко, С.В. Мякин, М.М. Сычев // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 51 с.

3. Коробко, В.Н. Электрохимическая защита от коррозии: методические указания // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 55 с.

4. Швейцер, Ф.А. Коррозия пластмасс и резин: / Ф.А. Швейцер. – Санкт-Петербург: «НОТ», 2010. – 638 с. – ISBN 978-5-91703-010-4.

5. Антикоррозионная защита: справочное пособие / Г. Г. Артамошина, Н.С. Юркина. - Б.м.: ЗАО "УК "ВЫСО", 2009. – 447 с. – ISBN 978-5-83383.

6. Терентьев, В.И. Борьба с коррозией в системах водоснабжения: / В.И. Терентьев, С.В. Караван, Н.М. Павловец. – Санкт-Петербург: «Перспектива науки». 2007. – 324 с. – ISBN 978-5-903090-11-2.

7. Легированные стали: учебное пособие / Т.В. Лукашова, С.И. Гринева, В.Н. Коробко, С.В. Мякин // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 38 с.

8. Алюминий, магний и легкие сплавы на их основе: учебное пособие / С.В.Мякин, Т.В. Лукашова, Н.А. Христюк, М.М. Сычев // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 32 с.

9. Лукашова, Т.В. Медь и сплавы на ее основы: учебное пособие / Т.В. Лукашова, С.В. Мякин, К.А. Огурцов // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. – 34 с.

10. Мякин, С.В. Никель, титан и сплавы на их основе: Учебное пособие / С.В. Мякин, Т.В.Лукашова // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2019. – 39 с.

б) электронные издания

1. Коррозия и методы защиты: учебное пособие / С.И.Гринева, М.М. Сычев, Т.В. Лукашова [и др.], Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 96 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Коробко, В.Н. Электрохимическая защита от коррозии: методические указания // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 55 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Швейцер, Ф.А. Коррозия пластмасс и резин: / Ф.А. Швейцер. – Санкт-Петербург: «НОТ», 2010. – 638 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: по подписке ISBN.

4. Легированные стали: учебное пособие / Т.В. Лукашова, С.И. Гринева, В.Н. Коробко, С.В. Мякин // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 38 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

5. Алюминий, магний и легкие сплавы на их основе: учебное пособие / С.В.Мякин, Т.В. Лукашова, Н.А. Христюк, М.М. Сычев // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 32 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

6. Лукашова, Т.В. Медь и сплавы на ее основы: учебное пособие / Т.В. Лукашова, С.В. Мякин, К.А. Огурцов // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. – 34 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

7. Мякин, С.В. Никель, титан и сплавы на их основе: Учебное пособие / С.В. Мякин, Т.В.Лукашова // Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2019. – 39 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

- учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

- **Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»)**

Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ).

Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114_135922 от 30.08.2011

Адрес сайта – <http://bibl.tti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

www.consultant.ru - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

www.scopus.com - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> -

Издательство IOP (Великобритания);

www.oxfordjournals.org - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

www.i-exam.ru.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные 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.

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 приходить, 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 ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Операционная система Microsoft Windows 10 Professional;
- Microsoft Office Std, Академическая лицензия, сублицензионный договор №02(03)15 от 20.01.2015, с 20.01.2015 бессрочно;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security;
- Apache OpenOffice.org (Apache 2.0) / LibreOffice (GNU LGPL 3+, MPL2.0);
- PTC Mathcad (ГК №19 от 13.10.08 г. на предоставление академической лицензии на MathCAD University Department Perpetual-200 Floating).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

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 толщинометры
- 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
дисциплине «Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание ²	Этап формирования ³
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания , методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	промежуточный
ОПК-7	Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	промежуточный

² **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

³ Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

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)
ОПК 1.11 Способен экспериментально определять и прогнозировать коррозионную стойкость материалов и конструкций, выполнять расчеты показателей коррозионной стойкости и средств защиты от коррозии.	Знает методы испытания материалов на коррозионную стойкость (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-9 к зачету.	Имеет представление о важнейших методах испытания материалов на коррозионную стойкость	Перечисляет операции, выполняемые при реализации важнейших методов испытания материалов на коррозионную стойкость	Правильно выбирает методы испытания материалов на коррозионную стойкость для решения конкретных технологических задач
	Умеет проводить оценку риска коррозионных разрушений материалов на основе результатов стандартных испытаний (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-6 к зачету.	Имеет представление о видах коррозионных разрушений и факторах, способствующих их возникновению	Способен оценивать факторы, влияющие на коррозионную стойкость материалов.	Способен анализировать результаты испытаний на коррозионную <u>стойкость</u> и делать выводы относительно риска возникновения коррозионных разрушений.
	Владеет навыками проведения расчетов показателей коррозионной стойкости на основании результатов испытаний (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 7-9 к зачету. Индивидуальное задание № 1.	Записывает формулы для расчета показателей коррозионной стойкости	Решает типовые задачи по расчету показателей коррозионной стойкости	Способен выполнять расчеты показателей коррозионной стойкости при решении практических задач

<p>ОПК 7.2 оптимальный выбор материалов и проектирование конструкций по критериям коррозионной стойкости</p>	<p>Знает классификацию материалов по коррозионной стойкости в зависимости от характера коррозионной среды и условий <u>эксплуатации</u> (ЗН-2)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 10-16 к зачету.</p>	<p>Имеет представление о принципах классификации материалов по коррозионной стойкости.</p>	<p>Способен определять принадлежность конкретных материалов к соответствующим группам по коррозионной стойкости.</p>	<p>Способен самостоятельно анализировать влияние коррозионной среды и условий эксплуатации на химическую стойкость материалов</p>
	<p>Умеет осуществлять оптимальный выбор материалов для изготовления оборудования, сооружений и конструкций по критериям максимальной коррозионной стойкости с <u>учетом характера</u> коррозионной среды и условий эксплуатации (У-2)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 17-21 к зачету. Индивидуальное задание № 2.</p>	<p>Имеет представление об основных принципах выбора материалов по критериям максимальной коррозионной стойкости.</p>	<p>Способен проводить сравнительную оценку химической стойкости материалов с учетом особенностей коррозионной среды и условий эксплуатации.</p>	<p>Способен осуществлять оптимальный выбор материалов для конкретных назначений по критериям коррозионной стойкости с учетом характера коррозионной среды и условий эксплуатации.</p>
	<p>Владеет навыками сравнительного анализа материалов по критериям коррозионной стойкости (Н-2)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 22-28 к зачету.</p>	<p>Имеет <u>представление о</u> критериях и методах сравнения материалов по коррозионной стойкости</p>	<p>Способен решать типовые задачи по сравнению коррозионной стойкости материалов</p>	<p>Способен самостоятельно проводить сравнительный анализ материалов по показателям коррозионной стойкости.</p>

	<p>Знает методы диагностики коррозионных разрушений и подходы к их предотвращению (ЗН-3)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 29-31 к зачету.</p>	<p>Имеет представление о методах диагностики и предотвращения коррозионных разрушений.</p>	<p>Способен выбирать оптимальные методы диагностики коррозионных разрушений при решении модельных задач</p>	<p>Способен самостоятельно выбирать оптимальные методы диагностики коррозионных разрушений при решении конкретных технологических задач</p>
	<p>Умеет проводить мероприятия по предотвращению коррозии оборудования, сооружений и конструкций (У-3)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 32-36 к зачету.</p>	<p>Имеет представление о мероприятиях по предотвращению коррозии оборудования, сооружений и конструкций.</p>	<p>Способен определять необходимые мероприятия по предотвращению коррозии при решении модельных задач</p>	<p>Способен самостоятельно планировать проведение мероприятий по предотвращению коррозии при решении конкретных технологических задач</p>
	<p>Владеет навыками диагностики коррозионных повреждений элементов оборудования и конструкций (Н-3)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 37-40 к зачету. Индивидуальное задание № 3.</p>	<p>Имеет представление о <u>методах диагностики</u> коррозионных повреждений</p>	<p>Способен осуществлять диагностику коррозионных повреждений при решении типовых задач</p>	<p>Способен самостоятельно выбирать и применять методы диагностики коррозионных повреждений при решении конкретных технологических задач</p>

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1

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.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-7

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. 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.

При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.
 Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4 Темы и примеры индивидуальных заданий

4.1 Задание №1 по теме «Расчет 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 Δm – потеря массы металла, г; S – поверхность металла, подвергнутая коррозии, м^2 ; τ – время коррозии, ч.

Глубинный показатель Π характеризует глубину коррозионного разрушения металла в единицу времени:

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

где ρ – 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 ΔV_{H_2} (ΔV_{O_2}) объем выделившегося водорода (поглощенного кислорода) в 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 ΔV_{H_2} (ΔV_{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; τ – время, мин. Интеграл $I(\tau)d\tau$ находится из площади графической зависимости тока коррозии от времени.

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 см³

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 °C;

валентность – 2 ;

атомная масса – $65,4$;

время испытания – $2,3$ часа;

плотность – 7100 кг/м³;

размеры контактируемой поверхности $0,035$ м \times $0,030$ м \times $0,005$ 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/м³;

температура – 25 °C;

давление – 754 мм рт. ст.;

валентность – 2 ;

атомная масса – $65,4$;

объем поглощенного кислорода – 8 см³;

глубинный показатель коррозии – $0,56$ мм/год;

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

4.2 Задание №2 по теме «Выбор оптимальных коррозионно-стойких материалов для эксплуатации в заданных условиях»

- Для изготовления арматуры, работающей в морской воде, выбрать оптимальный конструкционный материал из следующих марок: АМг1, БрА5, 20Х13.
- Для изготовления деталей, испытывающих значительные механические нагрузки в среде оксида углерода при температуре 100°С, выбрать оптимальный конструкционный материал из следующих марок: БрБ2, Сталь 25, 30ХМА.
- Для изготовления деталей, испытывающих значительные механические нагрузки в среде сернистого газа при температуре 400°С, выбрать оптимальный конструкционный материал из следующих марок: 20Х2Н4А, 30Х13, 12Х18Н10Т;
- Для изготовления трубопроводов, работающих в контакте с водородом при температуре 300°С, выбрать оптимальный конструкционный материал из следующих марок: Сталь20, 30ХМА, 37Х12Н8Г8МФБ.

4.3 Задание №3 по теме «Расчет параметров электрохимической защиты»

Расчет параметров протекторной защиты

Склад жидкого топлива состоит из n стальных шаровидных резервуаров объёмом V м³. Они находятся в почве, удельное сопротивление которой в среднем в течении года составляет $\rho_{п}$ (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 $-0,85В$ (относительно медно-сульфатного электрода сравнения) необходим ток $I_{п.з.}$. Площадь поверхности одного резервуара S_1 , площадь переливных труб – S_2 . Таким образом, полная площадь защищаемой поверхности составляет $S_3 = S_1 \cdot n_p + S_2$. При этом защитная плотность тока должна составлять:

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

где n_p – количество резервуаров

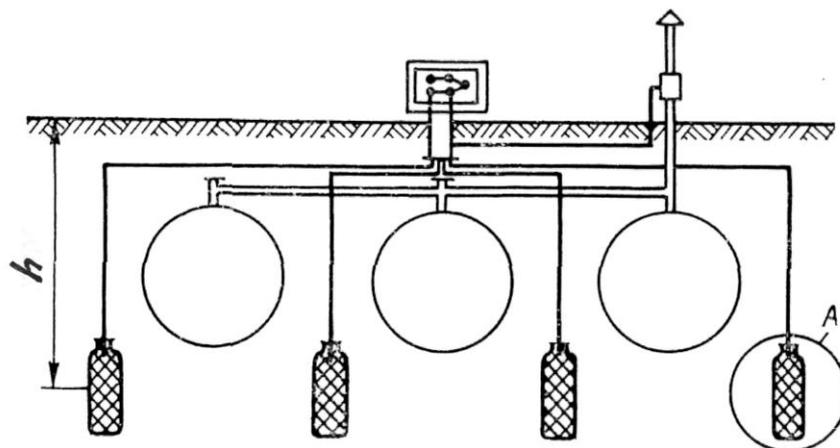


Рисунок 1 – Схема протекторной защиты подземных стальных резервуаров

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):

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

где ρ_r – удельное сопротивление грунта, Ом·м;
 ρ_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:

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

где ρ_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 n :

$$n = I_{п.з.}/I_{п.з.1} \quad (5)$$

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

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

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

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

R_p – сопротивление резервуаров, Ом;

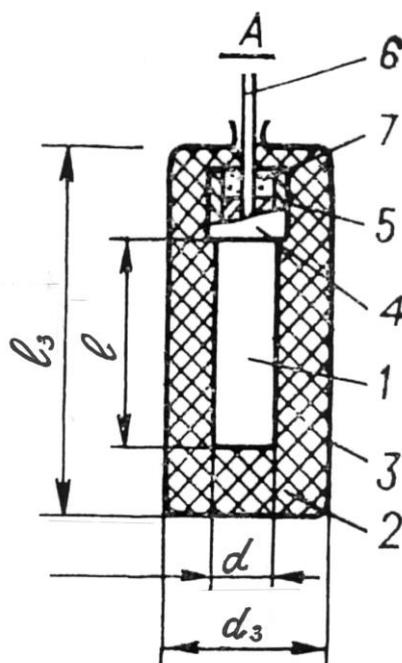
$R_{А гр}$ – сопротивление растеканию тока группы протекторов; Ом.

6. После проведённых расчётов 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/м³; Zn – 7100 кг/м³; Mg – 1740 кг/м³.



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

Рисунок 2 – Конструкция протектора с наполнителем

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;

η – 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 K (в зависимости от вида использованного сплава он колеблется от 0,75 до 0,9). В связи с этим реальное время работы протектора составляет:

$$t_{\text{пр}} = K * \tau_{\text{п}} \quad (10)$$

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 ⁴	792·10 ⁴	1072,8·10 ⁴
Практическая токоотдача, А·с/кг	(280–290)·10 ⁴	(395–430)·10 ⁴	(540–870)·10 ⁴
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 ₄ ·7H ₂ O 25	Для магниевых и цинковых протекторов, находящихся в почвах с удельным сопротивлением менее 20 Ом·м
Бентонит 50, гипс 50	
Бентонит 20, гипс 75, Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O 5	Для магниевых протекторов, помещенных в почвы с удельным сопротивлением 20–100 Ом·м
Бентонит 90, NaCl 5, Ca(OH) ₂ 5	
	То же
	Для алюминиевых протекторов

Таблица 3 – Величины, которые необходимо рассчитать

$S_1, \text{м}^2$	$S_3, \text{м}^2$	Защитная плотность тока, $J_{\text{п.т}} \text{ А/м}^2$	$R_{1A}, \text{Ом}$	$I_{\text{п.з.1}}$ одного протектора, А	n, количество протекторов	$R_{A \text{ гр.}}, \text{Ом}$	Сила тока от группы протекторов, $I_{\text{п.з. гр.}}, \text{А}$	Необходимое количество протекторов в группе, n шт	Масса протектора, m кг	Срок службы протектора $\tau_{\text{п}}, \text{лет}$

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

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

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

$$4 - n = I/I_{\text{пз1}};$$

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

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

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

Количество протекторов в группе подбирается таким образом, чтобы суммарная сила тока от обеих групп протекторов превышала величину тока $I_{\text{п.з.}}$, необходимой для достижения защитного потенциала $U_{\text{защ}} = -0,85 \text{ В}$.

Данные для расчёта:

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

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

Коэффициент использования материала протектора $K = 0,8$.

Расчет параметров станции катодной защиты

Стальной трубопровод длиной L м, наружный диаметр D_z , м толщиной стенки δ , 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 $\rho_{\text{г}}, \text{Ом*м}$. Трасса трубопровода удалена от городских кварталов. Параметры катодной защиты определяются математическими расчётами.

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

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

ρ_m – удельное сопротивление металла, Ом*м;

D_z – внешний диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы, м;

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

Переходное сопротивление изоляции на единицу длины трубопровода составляет:

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

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: ΔE_0 – изменение потенциала в точке дренажа, В;

ΔE_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:

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

y – расстояние между анодом и трубопроводом, м

R_k – эффективное сопротивление конструкции, Ом

ρ_r – удельное сопротивление грунта, Ом х м

3. Определяем выходное напряжение СКЗ:

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

R_A – сопротивление растеканию тока анода, Ом;

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

4. Сопротивление растеканию тока для группы анодов:

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

где:

n – число анодов в группе;

l_3 – длина анода вместе с наполнителем, 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:

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

где:

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

y – расстояние между анодом и трубопроводом, м;

S_{np} – площадь поперечного сечения проводника, м².

6. Определяем мощность станции $W = U * I_{кз.}$, Вт. (11)

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

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

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Шкала оценивания на зачёте – «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.