

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д. И. Менделеева»

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**



Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Защита от коррозии промышленного оборудования»**

**Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии  
материалов**

**Магистерская программа «Инновационные материалы  
и защита от коррозии»**

**Квалификация «магистр»**

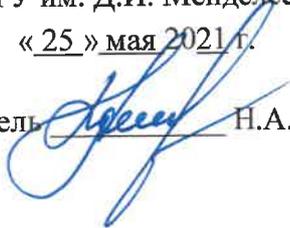
**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель  Н.А. Макаров

**Москва 2021**

Программа составлена доцентом кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии А.А. Абрашовым и профессором кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии Н.С. Григорян

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии

«22» апреля 2021 г., протокол № 9.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **22.04.01 Материаловедение и технологии материалов** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины **кафедрой инновационных материалов и защиты от коррозии** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «**Защита от коррозии промышленного оборудования**» относится к вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области материаловедения и теоретических основ коррозии.

**Цель дисциплины** – приобретение студентами знаний для решения профессиональных задач в области защиты от коррозии оборудования с целью ресурсоэнергосбережения, освоение принципов выбора материалов и способов их защиты в конкретных условиях эксплуатации.

**Задачи дисциплины** – дать основные знания в области теории и практики коррозии; дать основные знания о защитных конструкционных металлических и неметаллических материалах, противокоррозионных металлических покрытиях, ингибиторах коррозии, а также методах электрохимической защиты.

Дисциплина «**Защита от коррозии промышленного оборудования**» преподается в 3 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Участие в организации проведения проектов, исследований разработок новых материалов композиций, научных прикладных экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов, а также изделий	Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами	ПК-5. Способен разрабатывать и внедрять технологические процессы в области защиты от коррозии; осуществлять выбор материалов для изготовления основного и вспомогательного оборудования и коммуникационных сетей	ПК-5.1. Знает методы и виды коррозионной защиты материалов, конструкций и сооружений, требования к системам противокоррозионной защиты и способы их реализации ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические процессы в области защиты от коррозии, определять пригодность поверхности к обработке с целью придания требуемых функциональных свойств ПК-5.3. Владеет навыками подготовки поверхности к нанесению покрытий, контролю их качества, принятия решений по компоновке линий нанесения защитных металлических и неметаллических покрытий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по электрохимической защите от коррозии линейных сооружений и объектов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2014 г. № 614н. Д Управление системой электрохимической защиты линейных сооружений и объектов (уровень квалификации – 7)  Профессиональный стандарт «Специалист в области разработки,

				сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25.12.2015 № 1153н. В Разработка, сопровождение и интеграция инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов (уровень квалификации – 7)
Участие в организации и проведении проектов, исследований и разработок новых материалов композиций, научных и прикладных экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов, а также изделий	Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами	ПК-6 Способен определять функциональные и коррозионные характеристики оборудования, материалов и покрытий, определять их соответствие заявленным потребительским характеристикам; осуществлять контроль качества материалов и покрытий с применением известных и	ПК-6.1. Знает требования к функциональным и коррозионным характеристикам оборудования, материалов и покрытий, способы контроля, а также регламентирующие их нормативные документы.	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по электрохимической защите от коррозии линейных сооружений и объектов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25.12.2015 № 1153н.

		модифицированных методов испытаний		<p>Федерации от 08.09.2014 г. № 614н.  D Управление системой электрохимической защиты линейных сооружений и объектов (уровень квалификации – 7)</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25.12.2015 № 1153н.  В Разработка, сопровождение и интеграция инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов (уровень квалификации – 7)</p>
--	--	------------------------------------	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- общие сведения о свойствах конструкционных материалов;
- основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности оборудования и последствий коррозионного воздействия;

- способы защиты от коррозии металлических и неметаллических материалов;

*Уметь:*

- обосновать конструкцию аппарата и комплекс мероприятий по защите оборудования и транспортных коммуникаций от коррозионного воздействия окружающей среды;

- выбирать оптимальные методы противокоррозионной защиты;
- разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии;

*Владеть:*

- методами оценки коррозионного поведения материалов и покрытий в конкретных условиях эксплуатации.

- навыками реализации различных способов защиты материалов промышленного оборудования от коррозионного разрушения.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,94</b>	<b>34</b>	<b>25,5</b>
Лекции	0,5	18	13,5
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,66</b>	<b>110</b>	<b>82,5</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,66	110	82,5
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Рациональное противокоррозионное конструирование. Противокоррозионное легирование. Защита от коррозии обработкой среды</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
1.1	Защита металла от коррозии на стадии проектирования и изготовления.	12	-	2	-	-	-	-	-	10
1.2	Повышение коррозионной стойкости металла путем изменения химического и фазового состава	14	-	2	-	2	-	-	-	10
1.3	Удаление агрессивных компонентов, понижение концентрации окислителей	11	-	1	-	-	-	-	-	10
1.4	Ингибиторы коррозии	11	-	1	-	-	-	-	-	10
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Электрохимическая защита</b>	<b>54</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
2.1	Катодная защита от коррозии внешним источником тока. Критерии электрохимической защиты. Состав установок катодной защиты.	14	-	2	-	2	-	-	-	10
2.2	Элементы системы протекторной защиты.	14	-	2	-	2	-	-	-	10

2.3	Дренажная защита. Классификация установок дренажной защиты.	13	-	1	-	2	-	-	-	10
2.4	Методы защиты трубопроводов от действия блуждающих токов	13	-	1	-	2	-	-	-	10
	<b>Раздел 3. Защитные покрытия</b>	<b>42</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
3.1	Классификация защитных покрытий. Методы получения.	12	-	2	-	-	-	-	-	10
3.2	Металлические покрытия.	16	-	2	-	4	-	-	-	10
3.3	Неметаллические покрытия.	14	-	2	-	2	-	-	-	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>110</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>								
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>								

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### ***Раздел 1. Рациональное противокоррозионное конструирование. Противокоррозионное легирование. Защита от коррозии обработкой среды***

Классификация методов защиты металлов от коррозии и обоснование выбора метода защиты.

Защита металла от коррозии на стадии проектирования и изготовления.

Повышение коррозионной стойкости металла путем изменения химического и фазового состава: противокоррозионное легирование, противокоррозионное рафинирование, термообработка.

Удаление агрессивных компонентов, понижение концентрации окислителей

Ингибиторы коррозии. Определение, классификация, механизм действия и области применения ингибиторов коррозии. Консервация металлических изделий. Средства и методы консервации. Деаэрация. Обработка холодной и горячей воды. Подготовка воды для паровых котлов. Методы противокоррозионной обработки котловой воды.

### ***Раздел 2. Электрохимическая защита***

Понятие и классификация способов электрохимической защиты. Принцип анодной защиты. Катодная защита от коррозии внешним источником тока. Критерии электрохимической защиты. Состав установок катодной защиты.

Элементы системы протекторной защиты. Материалы протекторов. Магниево-цинковые протекторные сплавы. Алюминиевые протекторные сплавы. Цинковые протекторные сплавы. Виды протекторов. Расчет параметров протекторной защиты. Протекторная защита в условиях блуждающих токов.

Дренажная защита. Классификация установок дренажной защиты. Расчет электродренажной защиты. Устройства электродренажной защиты.

Повышение эффективности катодной защиты на длительно эксплуатируемых трубопроводах.

Источники блуждающего тока, воздействующие на магистральные нефтегазопроводы. Виды источников блуждающих токов. Классические источники блуждающих токов (техногенного характера). Неклассические источники блуждающих токов (природного характера). Методы защиты трубопроводов от действия блуждающих токов.

### ***Раздел 3. Защитные покрытия***

Классификация защитных покрытий. Методы получения. Горячее цинкование. Плакирование. Металлизация распылением. Электродуговая металлизация. Плазменное и высокоскоростное напыление. Наплавка. Микродуговое оксидирование. Вакуумное напыление. Термодиффузионная металлизация. Неметаллические покрытия. Нанесение лакокрасочных покрытий. Нанесение покрытий из порошков, суспензий и жидких композиций. Защита химических аппаратов неметаллическими материалами. Аппаратура из неметаллических материалов. Защита неметаллическими покрытиями. Нанесение лакокрасочных покрытий. Нанесение покрытий из листов (плакирование, футеровка). Защита стальной и бетонной аппаратуры футеровкой штучными материалами. Особенности проектирования футеровок химического оборудования.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
<b>Знать:</b>				
1	– общие сведения о свойствах конструкционных материалов;	+		
2	– основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности оборудования и последствий коррозионного воздействия;	+	+	+
3	– способы защиты от коррозии металлических и неметаллических материалов;	+	+	+
<b>Уметь:</b>				
4	– обосновать конструкцию аппарата и комплекс мероприятий по защите оборудования и транспортных коммуникаций от коррозионного воздействия окружающей среды;	+		
5	– выбирать оптимальные методы противокоррозионной защиты;	+	+	+
6	– разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии;	+	+	+
<b>Владеть:</b>				
7	– методами оценки коррозионного поведения материалов и покрытий в конкретных условиях эксплуатации;	+	+	+
8	– навыками реализации различных способов защиты материалов промышленного оборудования от коррозионного разрушения	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b><i>(профессиональные) компетенции и индикаторы их достижения:</i></b>				
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		

9	<p>ПК-5. Способен разрабатывать и внедрять технологические процессы в области защиты от коррозии; осуществлять выбор материалов для изготовления основного и вспомогательного оборудования и коммуникационных сетей</p>	<p>– ПК-5.1. Знает методы и виды коррозионной защиты материалов, конструкций и сооружений, требования к системам противокоррозионной защиты и способы их реализации;</p> <p>– ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические процессы в области защиты от коррозии, определять пригодность поверхности к обработке с целью придания требуемых функциональных свойств;</p> <p>– ПК-5.3. Владеет навыками подготовки поверхности к нанесению покрытий, контроля их качества, принятия решений по компоновке линий нанесения защитных металлических и неметаллических покрытий;</p>	+	+	+
10	<p>– ПК-6. Способен определять функциональные и коррозионные характеристики оборудования, материалов и покрытий, определять их соответствие заявленным потребительским характеристикам; осуществлять контроль качества материалов и покрытий с применением известных и модифицированных методов испытаний</p>	<p>– ПК-6.1. Знает требования к функциональным и коррозионным характеристикам оборудования, материалов и покрытий, способы контроля, а также регламентирующие их нормативные документы.</p>	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Часы
1	1	Повышение коррозионной стойкости металла путем изменения химического и фазового состава.	2
2	2	Понятие и классификация способов электрохимической защиты. Принцип анодной защиты. Катодная защита от коррозии внешним источником тока. Критерии электрохимической защиты. Состав установок катодной защиты.	2
3	2	Элементы системы протекторной защиты. Материалы протекторов. Магниево-цинковые протекторные сплавы. Алюминиевые протекторные сплавы. Цинковые протекторные сплавы. Виды протекторов. Расчет параметров протекторной защиты. Протекторная защита в условиях блуждающих токов.	2
4	2	Дренажная защита. Классификация установок дренажной защиты. Расчет электродренажной защиты. Устройства электродренажной защиты. Повышение эффективности катодной защиты на длительно эксплуатируемых трубопроводах.	2
5	2	Источники блуждающего тока, воздействующие на магистральные нефтегазопроводы. Виды источников блуждающих токов. Классические источники блуждающих токов (техногенного характера). Неклассические источники блуждающих токов (природного характера). Методы защиты трубопроводов от действия блуждающих токов.	2
6	3	Горячее цинкование. Плакирование.	2
7	3	Металлизация распылением. Электродуговая металлизация. Плазменное и высокоскоростное напыление. Наплавка. Микродуговое оксидирование. Вакуумное напыление. Термодиффузионная металлизация.	2
8	3	Неметаллические покрытия. Нанесение лакокрасочных покрытий. Нанесение покрытий из порошков, суспензий и жидких композиций. Защита химических аппаратов неметаллическими материалами.	2

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия не предусмотрены

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

– ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов,

цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *экзамена* (3 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), реферата (максимальная оценка 20 баллов) и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

1. Методы оценки коррозионной стойкости и защитной способности
2. Стеклоэмалевые и стеклокристаллические покрытия
3. Основные способы защиты от коррозии конструкций из бетонов и горных пород
4. Способы защиты металлов от коррозии в морской воде
5. Защита металлов от коррозии в расплавленных солях
6. Защита от межкристаллитной коррозии
7. Вред коррозии и значение защиты металлов для народного хозяйства России.
8. Диаграммы Пурбе и их анализ.
9. Атмосферная коррозия: общая характеристика; факторы, влияющие на скорость; методы защиты.
10. Подземная коррозия: общая характеристика и особенности; факторы, влияющие на скорость; методы защиты.
11. Морская коррозия: общая характеристика; факторы, влияющие на скорость; методы защиты.
12. Питтинговая коррозия: особенности и теория возникновения питтингов; стадии питтингообразования.
13. Неметаллические защитные покрытия: оксидные; лакокрасочные; эмалевые; полимерные; металлополимерные.
14. Коррозионная стойкость железоуглеродистых сплавов.
15. Коррозионная стойкость низколегированных сталей.
16. Нержавеющие стали: хромистые; хромоникелевые; маркировка. Теоретические основы коррозионностойкого легирования.
17. Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов.
18. Коррозионная стойкость никеля и его сплавов.
19. Коррозионная стойкость магния и его сплавов.
20. Коррозионная стойкость цинка и кадмия и их сплавов.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за контрольные работы 40 баллов, 10 баллов за первую контрольную работу и 30

баллов за вторую контрольную работу.

Контрольная работа №1 состоит из одного вопроса, предусматривающего развернутый ответ и трех тестовых вопросов, относящихся к изучаемым разделам дисциплины. Контрольная работа суммарно оцениваются из 10 баллов.

1.

А. Классификация и обзор методов защиты металлов от коррозии и обоснование выбора метода защиты.

Б.

Самым применяемым металлом для защиты от коррозии стали является ...	цинк
	никель
	медь
	серебро
В качестве защитного покрытия для плакирования из представленных сталей не используется ...	12X18H10T
	08X17T
	Ст3
	10X17H13M2T
Процесс, при котором наносимый материал в виде порошка или проволоки вводится в струю плазмы и нагревается в процессе движения с потоком газа до температур, превышающих температуру его плавления, и разгоняется в процессе нагрева до скоростей порядка нескольких сотен м/с ...	высокоскоростное напыление
	микродуговое оксидирование
	наплавка
	плазменное напыление

2.

А. Защита металла от коррозии на стадии проектирования и изготовления.

Б.

Лакокрасочные покрытия, применяемые для временной защиты окрашиваемой поверхности в процессе производства, транспортирования и хранения изделий относятся к классу ....	водостойкие ЛКП
	ограниченно атмосферостойкие ЛКП
	специальные ЛКП
	консервационные ЛКП
Цинковое покрытие теряет способность защищать сталь электрохимически ...	в холодной воде
	в жесткой воде
	в морской воде
	в горячей воде
С увеличением (в допустимых пределах) концентраций щёлочи и свободного цианида в электролите цинкования ....	увеличивается его электропроводность и рассеивающая способность
	увеличивается его электропроводность и уменьшается рассеивающая способность
	уменьшается его электропроводность и увеличивается рассеивающая способность
	уменьшается его электропроводность и рассеивающая способность

Контрольная работа №2 состоит из шести вопросов предусматривающих развернутый ответ, и четырех тестовых вопросов, относящихся к изучаемым разделам дисциплины. Контрольная работа суммарно оцениваются из 30 баллов.

### Вариант № 1

1. Проверить, соответствует ли состав стали X25H12 правилу n/8.
2. Вычислить состав (т.е. весовой процент хрома) всех теоретически возможных по правилу n/8 коррозионно стойких сплавов Fe-Cr,
3. Скорость коррозии стали в кислой среде  $0,2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ . Общая площадь поверхности стальной конструкции  $100 \text{ м}^2$ . Какой силы ток нужно пропустить через стальную конструкцию, чтобы полностью подавить коррозию?
4. Стальная конструкция находится в морской воде. Какие процессы протекают при её коррозии? Как изменится коррозионный процесс, если к конструкции присоединить цинковый протектор?
5. Никель находится в контакте с золотом во влажном воздухе, насыщенном сероводородом. Какой металл подвергнется коррозии? Составьте электронные уравнения катодного и анодного процессов, протекающих при коррозии металла.
6. Две железные пластинки, частично покрытые одна оловом, другая – медью, находятся во влажном воздухе. На какой из этих пластинок быстрее образуется ржавчина? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этих пластинок. Каков состав продуктов коррозии.
7. Какой из металлов является анодным покрытием изделия из железа:  
1) Co                    2) Zn                    3) Ni                    4) Ag
8. Какой из металлов является катодным покрытием изделия из олова:  
1) Zn                    2) Cu                    3) Fe                    4) Cr
9. Как протекает анодный процесс атмосферной коррозии пары металлов железо-олово:  
1) А:  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$                     2) А:  $\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\bar{e}$   
3) А:  $\text{H}_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{H}^+$                     4) А:  $\text{Sn}^0 \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2\bar{e}$
10. Как протекает катодный процесс атмосферной коррозии пары металлов олово-медь:  
1) К:  $\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}^0$                     2) К:  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$   
3) К:  $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}^0$                     4) К:  $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$

### Вариант № 2

1. Проверить, соответствует ли состав стали X18H10 правилу n/8.
2. Вычислить состав (т.е. весовой процент никеля) всех теоретически возможных по правилу n/8 коррозионно стойких сплавов Zn-Ni,
3. При стоянке судна у причала для защиты его корпуса от коррозии применяют катодную защиту. Площадь подводной части судна  $1000 \text{ м}^2$ . Скорость коррозии без применения катодной защиты  $10^{-2} \text{ г/м}^2$  в сутки. Какой силы ток надо подать на железный корпус судна, чтобы полностью подавить коррозию?

4. Если опустить в разбавленную серную кислоту пластинку из чистого железа, то выделение на ней водорода идет медленно и со временем почти прекращается. Однако если цинковой палочкой прикоснуться к железной пластинке, то на последней начинается бурное выделение водорода. Почему? Какой металл при этом растворяется? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов.

5. Какой металл целесообразно выбрать для протекторной защиты от коррозии свинцовой оболочки кабеля: цинк, магний или хром? Почему? Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов атмосферной коррозии. Какой состав продуктов коррозии?

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

7. Какой из металлов является анодным покрытием изделия из кобальта:

- 1) Zn                      2) Sn                      3) Hg                      4) Ag

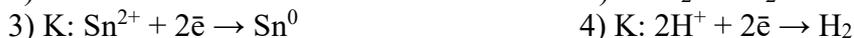
8. Какой из металлов является катодным покрытием изделия из олова:

- 1) Ni;                      2) Zn;                      3) Cu;                      4) Co

9. Как протекает анодный процесс атмосферной коррозии пары металлов кобальт-олово:



1. Как протекает катодный процесс атмосферной коррозии пары металлов цинк-олово:



### 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – экзамен).

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины и содержит 2 вопроса. 1 вопрос – 20 баллов, вопрос 2 – 20 баллов.

1. Классификация методов защиты металлов от коррозии и обоснование выбора метода защиты.

2. Защита металла от коррозии на стадии проектирования и изготовления.

3. Повышение коррозионной стойкости металла путем изменения химического и фазового состава: противокоррозионное легирование, противокоррозионное рафинирование, термообработка.

4. Удаление агрессивных компонентов, понижение концентрации окислителей. Ингибиторы коррозии.

5. Понятие и классификация способов электрохимической защиты. Принцип анодной защиты. Катодная защита от коррозии внешним источником тока. Критерии электрохимической защиты. Состав установок катодной защиты.

6. Элементы системы протекторной защиты. Материалы протекторов. Магниево-цинковые протекторные сплавы. Алюминиевые протекторные сплавы. Цинковые протекторные сплавы. Виды протекторов. Расчет параметров протекторной защиты. Протекторная защита в условиях блуждающих токов.

7. Дренажная защита. Классификация установок дренажной защиты. Расчет электродренажной защиты. Устройства электродренажной защиты.

8. Повышение эффективности катодной защиты на длительно эксплуатируемых трубопроводах.

9. Источники блуждающего тока, воздействующие на магистральные нефтегазопроводы.

Виды источников блуждающих токов. Классические источники блуждающих токов (техногенного характера). Неклассические источники блуждающих токов (природного характера). Методы защиты трубопроводов от действия блуждающих токов.

10. Классификация защитных покрытий. Методы получения. Горячее цинкование.
11. Плакирование.
12. Металлизация распылением. Электродуговая металлизация.
13. Плазменное и высокоскоростное напыление. Наплавка. Микродуговое оксидирование. Вакуумное напыление.
14. Термодиффузионная металлизация.
15. Неметаллические покрытия. Нанесение лакокрасочных покрытий.
16. Нанесение покрытий из порошков, суспензий и жидких композиций.
17. Защита химических аппаратов неметаллическими материалами. Аппаратура из неметаллических материалов.
18. Защита неметаллическими покрытиями. Нанесение лакокрасочных покрытий.
19. Нанесение покрытий из листов (плакирование, футеровка). Защита стальной и бетонной аппаратуры футеровкой штучными материалами.
20. Особенности проектирования футеровок химического оборудования.

Максимальное количество баллов за *экзамен* – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### 8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (3 семестр).

*Экзамен* по дисциплине «*Защита от коррозии промышленного оборудования*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для *экзамена* состоит из 2 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *экзамена*:

<p>«Утверждаю»</p> <p>Зав. кафедрой</p> <p>(Подпись) _____ (Т. А. Ваграмян)</p> <p>«__» _____ 2021 г.</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра инновационных материалов и защиты от коррозии</b>
	<b>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</b> <b>Программа – «Инновационные материалы и защита от коррозии»</b>
	<b>Защита от коррозии промышленного оборудования</b>
<b>Билет № 1</b>	
<p>1. Элементы системы протекторной защиты. Материалы протекторов. Магниево-цинковые сплавы. Алюминиевые протекторные сплавы. Цинковые протекторные сплавы. Виды протекторов. Расчет параметров протекторной защиты. Протекторная защита в условиях блуждающих токов.</p> <p>2. Классификация защитных покрытий. Методы получения. Горячее цинкование.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### *А. Основная литература*

1. Пахомов В.С., Шевченко А.А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. – М.: Профессия. 2009. 444 с.
2. Коррозия и защита металлов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О.В. Ярославцева, Т.Н. Останина, В.М. Рудой, И.Б. Мурашова. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 90 с.

#### *Б. Дополнительная литература*

1. Улиг Г.Г., Ревы Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./Под ред. А.М. Сухотина. Л.: Химия, 1989. 454 с
2. Кеше Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблемы. Пер. с нем./ Под ред. Я.М. Колотыркина. М.: Металлургия, 1984. 400 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

1. Раздаточный иллюстративный материал к лекциям
2. Презентации к лекциям

#### *Журналы*

1. Гальванотехника и обработка поверхности. ISSN 0869-5326
2. Коррозия: материалы, защита. ISSN 1813-7016
3. Corrosion Science. ISSN 0010-938X
4. Практика противокоррозионной защиты. ISSN 1998-5738
5. Физикохимия поверхности и защита материалов (с 2008 г.). ISSN 0044-1856
6. Corrosion Engineering Science and Technology. ISSN 1478-422X
7. Corrosion Reviews. ISSN 03346005
8. Materials and Corrosion - Werkstoffe und Korrosion. ISSN 00432822

#### *Интернет-ресурсы*

<http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов

<http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека

<http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России

<http://lib.msu.ru> - Научная библиотека Московского государственного университета

<http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов

<http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах

<http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций (8 шт).

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

– Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7/> (дата обращения: 10.04.2021).

– Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/93/91/5/> (дата обращения: 15.03.2021).

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+-%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 15.03.2021).

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 10.04.2021).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 20.05.2021).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 16.04.2021).

ЭИОС РХТУ; <https://webinar.ru/>; <https://zoom.us/>; социальная сеть «ВКонтакте», электронная почта; Microsoft Teams, учебный портал РХТУ Moodle@Mustr.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.06.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Защита от коррозии промышленного оборудования*» проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

#### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Электронные средства демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебная мебель.

#### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Комплект презентаций к лекциям; наборы образцов различных материалов и покрытий.

#### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами, проекторы, экраны; аудитории со стационарными комплексами отображения информации с любого электронного носителя; WEB-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

#### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам вариативной части программы; методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания по дисциплинам вариативной части, научно-популярные электронные издания.

Электронные образовательные ресурсы: кафедральные библиотеки электронных изданий по дисциплинам вариативной части; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; буклеты и каталоги оборудования, справочники по сырьевым материалам, справочники по наилучшим доступным технологиям электрохимических производств; справочные материалы в печатном и электронном виде.

#### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество лицензий</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJIDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Рациональное противокоррозионное конструирование. Противокоррозионное легирование. Защита от коррозии обработкой среды</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– общие сведения о свойствах конструкционных материалов;</li> <li>– основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности оборудования и последствий коррозионного воздействия;</li> <li>– способы защиты от коррозии металлических и неметаллических материалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обосновать конструкцию аппарата</li> </ul>	<p>Оценка за контрольные работы</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за экзамен</p>

	<p>и комплекс мероприятий по защите оборудования и транспортных коммуникаций от коррозионного воздействия окружающей среды;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать оптимальные методы противокоррозионной защиты;</li> <li>– разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами оценки коррозионного поведения материалов и покрытий в конкретных условиях эксплуатации;</li> <li>– навыками реализации различных способов защиты материалов промышленного оборудования от коррозионного разрушения</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2.</b> Электрохимическая защита</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности оборудования и последствий коррозионного воздействия;</li> <li>– способы защиты от коррозии металлических и неметаллических материалов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать оптимальные методы противокоррозионной защиты;</li> <li>– разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами оценки коррозионного поведения материалов и покрытий в конкретных условиях эксплуатации;</li> <li>– навыками реализации различных способов защиты материалов промышленного оборудования от коррозионного разрушения</li> </ul>	<p>Оценка за контрольные работы</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за экзамен</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Защитные покрытия</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные источники коррозионного воздействия на конструкционные материалы, их качественные и количественные характеристики, методы и способы прогнозирования надежности оборудования и последствий коррозионного воздействия;</li> <li>– способы защиты от коррозии металлических и неметаллических</li> </ul>	<p>Оценка за контрольные работы</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за экзамен</p>

	<p>материалов;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать оптимальные методы противокоррозионной защиты;</li> <li>– разработать комплекс мероприятий по защите металлов от коррозии;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами оценки коррозионного поведения материалов и покрытий в конкретных условиях эксплуатации;</li> <li>– навыками реализации различных способов защиты материалов промышленного оборудования от коррозионного разрушения</li> </ul>	
--	---	--

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Защита от коррозии промышленного оборудования»**

**основной образовательной программы  
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**

«Инновационные материалы и защита от коррозии»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от « ____ » _____ 20__ г.