

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Коррозия оборудования и снижение агрессивности сред

Код модуля
1161284(1)

Модуль
Теория и технология защиты от коррозии

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Останина Татьяна Николаевна	доктор химических наук, профессор	Профессор	технологии электрохимических производств
2	Рудой Валентин Михайлович	доктор химических наук, профессор	Профессор	технологии электрохимических производств

Согласовано:

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

Авторы:

- **Останина Татьяна Николаевна, Профессор, технологии электрохимических производств**
- **Рудой Валентин Михайлович, Профессор, технологии электрохимических производств**

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Коррозия оборудования и снижение агрессивности сред

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Домашняя работа	1
		Реферат	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Коррозия оборудования и снижение агрессивности сред

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-7 -Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки,	Д-1 - Проявлять настойчивость в достижении цели; Внимательность; Аналитические умения З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений З-2 - Дать определение жизненного цикла инженерного продукта, его основных стадий и моделей З-3 - Перечислить принципы и возможные ролевые модели	Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Реферат Экзамен

<p>модернизации, замены и утилизации</p>	<p>управления командой инженерного проекта П-1 - Освоить практики построения и применения имитационных моделей в процессе проектирования П-2 - Иметь практический опыт планирования и управления жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов П-3 - Формализовать и согласовывать требования, относящиеся к внешним условиям (эксплуатации, сопровождения, хранения, перевозки, вывода из эксплуатации) П-4 - Разработать технические задания на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов, включая выбор оборудования и технологической оснастки У-1 - Формулировать инженерные задачи с учетом формализованных требований У-2 - Определять основные потребности стейкхолдеров (заинтересованных сторон) и формулировать требования к эффективности инженерных продуктов и технических объектов У-3 - Использовать программные пакеты при построении имитационной модели разрабатываемой системы или использующей системы У-4 - Выбрать оборудование и технологическую оснастку при разработке технических заданий на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов</p>	
<p>ОПК-1 -Способен формулировать и решать научно-</p>	<p>3-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции</p>

<p>исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>областью фундаментальных и инженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p>	<p>Практические/семинарские занятия Реферат Экзамен</p>
<p>ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности и производственного цикла и продукта</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Реферат Экзамен</p>

	<p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p>	
--	--	--

<p>ПК-6 -Способность проводить расчеты параметров электрохимической защиты, предлагать способы защиты от коррозии металлических объектов</p>	<p>З-2 - Характеризовать методы защиты оборудования от коррозии и контроля скорости коррозии П-2 - Осуществлять коррозионный мониторинг состояния металла и коррозионной среды для выбора метода защиты от коррозии У-2 - Обосновывает выбор метода защиты от коррозии оборудования с учетом действия внутренних и внешних факторов, а также механизма процесса разрушения металла</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Реферат Экзамен</p>
--	--	--

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<p>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4</p>		
<p>Текущая аттестация на лекциях</p>	<p>Сроки – семестр, учебная неделя</p>	<p>Максимальная оценка в баллах</p>
<p><i>реферат</i></p>	<p>3,18</p>	<p>50</p>
<p><i>домашняя работа</i></p>	<p>3,18</p>	<p>50</p>
<p>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</p>		
<p>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</p>		
<p>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</p>		
<p>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.3</p>		
<p>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</p>	<p>Сроки – семестр, учебная неделя</p>	<p>Максимальная оценка в баллах</p>
<p><i>ПР1. Расчет показателей защитного действия ингибиторов коррозии</i></p>	<p>3,18</p>	<p>25</p>
<p><i>ПР2. Биоповреждения. Методы исследования, способы защиты</i></p>	<p>3,18</p>	<p>25</p>
<p><i>ПР3. Газовая коррозия. Свойства оксидных пленок</i></p>	<p>3,18</p>	<p>25</p>
<p><i>ПР4. Процессы старения полимеров. Методы исследования и способы защиты</i></p>	<p>3,18</p>	<p>25</p>

Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.3		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>ЛР1. Оценка агрессивности коррозионной среды</i>	3,18	14
<i>ЛР2. Влияние состава среды на коррозию углеродистой стали</i>	3,18	14
<i>ЛР3. Влияние состава почвы на коррозию стали</i>	3,18	14
<i>ЛР4. Коррозия алюминия в разных по составу средах</i>	3,18	14
<i>ЛР5. Влияние ингибиторов на коррозию железа в нейтральных средах</i>	3,18	15
<i>ЛР6. Защита от коррозии медного порошка с помощью ингибиторов</i>	3,18	15
<i>ЛР7. Влияние ингибиторов на коррозию магния</i>	3,18	14
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)

3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Расчет показателей защитного действия ингибиторов коррозии
2. Биоповреждения. Методы исследования, способы защиты
3. Газовая коррозия. Свойства оксидных пленок
4. Процессы старения полимеров. Методы исследования и способы защиты

Примерные задания

Расчет показателей защитного действия ингибиторов.

Ингибиторами называют химические соединения или их смеси, при введении которых в незначительных концентрациях в коррозионную среду существенно уменьшается или полностью подавляется коррозия.

Действие ингибиторов обусловлено изменением состояния поверхности металла вследствие адсорбции ингибитора или образования с катионами металла труднорастворимых соединений. Ингибиторы могут действовать двумя путями: уменьшать площадь активной поверхности или изменять энергию активации коррозионного процесса.

Эффективность ингибиторов оценивается степенью защиты ($Z, \%$)

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100 = \frac{i_{кор,1} - i_{кор,2}}{i_{кор,1}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

и коэффициентом торможения

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_{кор,1}}{i_{кор,2}} \quad (2)$$

Здесь K_1 и K_2 скорость коррозии металла, $г/(м^2 \cdot ч)$, без ингибитора и с ингибитором.

$i_{кор,1}$ и $i_{кор,2}$ плотность тока коррозии металла, $А/см^2$, в растворе без ингибитора и с ингибитором.

Ингибиторы применяют для защиты металлов при травлении, добыче и переработке нефти и газа, в теплообменной аппаратуре, в водоснабжении, в энергетических установках и др.

Задача:

Для защиты стали от коррозии предполагается использовать ингибитор МА. Коррозионным испытаниям подвергали образцы с одинаковой площадью $1,5 \text{ см}^2$. Определить степень защиты и коэффициент торможения, если известно, что в течение 15 суток испытаний масса образца стали изменилась на $0,178 \text{ г}$ в отсутствие ингибитора, а в растворе с ингибитором на $0,086 \text{ г}$.

Решение:

Рассчитаем скорость коррозии стали в растворе без ингибитора:

$$K_1 = \Delta m / S / t = (0,178 / 1,5 / 15 / 24) \cdot 10^4 = 3,29 \text{ г}/\text{м}^2/\text{час}$$

Скорость коррозии в присутствии ингибитора:

$$K_2 = \Delta m / S / t = (0,086 / 1,5 / 15 / 24) \cdot 10^4 = 1,59 \text{ г}/\text{м}^2/\text{час}$$

$$\text{Степень защиты: } Z = (3,29 - 1,59) / 3,29 = 0,516$$

Коэффициент торможения:

$$\gamma = 3,29 / 1,59 = 2,07$$

Газовая коррозия. Свойства оксидных пленок.

Вероятность газовой коррозии.

В природных условиях большинство металлов находятся в связанном состоянии в виде оксидов или солей. Для них это состояние является термодинамически наиболее устойчивым. Конструкционные металлы – термодинамически неустойчивое состояние.

Физической основой коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов, которую можно оценить по величине изменения свободной энергии Гиббса (ΔG_p , Дж/моль) коррозионной реакции:

$$\Delta G_p = \Delta H_p - T \cdot \Delta S_p$$

Здесь ΔH_p - изменение энтальпии реакции, Дж/моль;

T – температура, К; ΔS_p - изменение энтропии реакции, Дж/(моль·град).

Процесс коррозии возможен, если $\Delta G_p < 0$.

Задача 1:

Определить термодинамическую вероятность протекания газовой коррозии железа при температуре 298К.

Реакция: $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$

$$\Delta G_p = 2\Delta G_{\text{FeO}} - \Delta G_{\text{O}_2} - 2\Delta G_{\text{Fe}}$$

По справочнику находим, что энтальпия образования оксида железа равна:

$$\Delta H_{\text{FeO}} = -263,68 \text{ кДж/моль}$$

Энтропия $\Delta S_{\text{FeO}} = 58,79 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} / \text{град}$.

$$\Delta G_p = -263,68 - 298 \cdot \frac{58,79}{1000} = -281,20 \text{ кДж/моль}$$

На железе при температуре 25С оксидные пленки образуются самопроизвольно.

Критерий сплошности Пиллинга и Бедворса:

Условие сплошности оксидных пленок выполняется тогда, когда молекулярный объем химического поверхностного соединения (например, оксида), больше объема металла, израсходованного на образование молекулы оксида:

Если $V_{\text{OK}}/V_{\text{Me}} > 1$, то образуется сплошная пленка,

в случае $V_{\text{OK}}/V_{\text{Me}} < 1$ пленка получается не сплошной.

Это соотношение легко можно посчитать, используя молярные объемы металла и оксида:

Молярный объем металла равен $V_{\text{Me}} = A_{\text{Me}} / \rho_{\text{Me}}$, где ρ_{Me} – плотность металла.

Молярный объем оксида равен: $V_{\text{OK}} = M_{\text{OK}} / (n \cdot \rho_{\text{OK}})$, где ρ_{OK} – плотность оксида.

n – число атомов металла в молекуле оксида.

$$V_{\text{OK}}/V_{\text{Me}} = M_{\text{OK}} \cdot \rho_{\text{Me}} / (n \cdot A_{\text{Me}} \cdot \rho_{\text{OK}})$$

Задача 2:

Оценить сплошность оксидных пленок на алюминии и железе с помощью критерия Пиллинга и Бедворса.

По справочнику найдем значения плотности металлов и их оксидов:

Металл	Плотность, кг/м ³	Оксид металла	Плотность, кг/м ³
Алюминий	2700	Al ₂ O ₃	3500-3900
Железо	7874	FeO	5700

Критерий Пиллинга-Бедварса:

Для оксидных пленок на алюминии $V_{\text{OK}}/V_{\text{Me}} = 102 \cdot 2700 / (2 \cdot 27 \cdot 3700) = 1,38$

Для пленок FeO на железе: $V_{\text{OK}}/V_{\text{Me}} = 72 \cdot 7874 / (1 \cdot 56 \cdot 5700) = 1,77$.

В обоих случаях пленки будут сплошными. Однако сплошность пленки не является достаточным критерием ее коррозионно-защитных свойств.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Оценка агрессивности коррозионной среды
 2. Влияние состава среды на коррозию углеродистой стали
 3. Влияние состава почвы на коррозию стали
 4. Коррозия алюминия в разных по составу средах
 5. Влияние ингибиторов на коррозию железа в нейтральных средах
 6. Защита от коррозии медного порошка с помощью ингибиторов
 7. Влияние ингибиторов на коррозию магния
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Анализ коррозионных процессов и выбор метода защиты оборудования

Примерные задания

При выполнении домашней работы необходимо:

1. Определить вид коррозии оборудования в заданных условиях эксплуатации (по механизму, по условиям протекания и по виду поражения).
2. Записать реакции, протекающие при коррозионном разрушении материалов.
3. Оценить факторы, влияющие на коррозионную устойчивость оборудования.
4. Предложить способы защиты оборудования от коррозионного разрушения.

Варианты заданий:

1. Стальная платформа из углеродистой стали установлена в морском порту.
2. Подземный трубопровод горячего водоснабжения.
3. Строительная конструкция подвергается атмосферной коррозии в промышленной атмосфере
4. Подземный резервуар для хранения нефти
5. Резервуары для хранения аммиака.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Реферат

Примерный перечень тем

1. Защита от коррозии в специфических условиях эксплуатации оборудования

Примерные задания

В реферате необходимо дать характеристику коррозионного, процесса, протекающего в специфических условиях эксплуатации, и описать основные способы защиты материалов от разрушения.

Примерные темы рефератов:

1. Защита от коррозии при воздействии высоких температур
2. Защита от коррозии в органических электропроводящих средах

3. Защита от наводораживания при коррозии
4. Защита подземных сооружений от биокоррозии

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Особенности электрохимической коррозии металлов в природных средах: атмосферная, почвенная, морская коррозия металлов
2. Газовая коррозия металлов в технологических средах: обезуглероживание стали, водородная, карбонильная, сернистая коррозия, коррозия в среде хлора и хлористого водорода
3. Динамика формирования оксидных пленок. Свойства оксидных пленок
4. Классификация ингибиторов коррозии: ингибиторы катодного, анодного и смешанного типа; ингибиторы окислители, ингибиторы комплексообразующего действия, ингибиторы пассиваторы, полимерные ингибиторы
5. Механизм защитного действия ингибиторов различного типа
6. Критерии оценки эффективности действия ингибиторов
7. Основные методы исследования защитного действия ингибиторов
8. Процессы старения. Основные факторы. Классификация процессов, протекающих при старении полимеров
9. Методы исследования процессов старения полимеров
10. Способы защиты полимерных материалов от старения
11. Процессы биоповреждений. Основные факторы. Общая характеристика проблемы биоповреждений
12. Методы исследования биокоррозии. Способы защиты от биоповреждений
13. Коррозия и защита железобетонных конструкций
14. Защита от коррозии при ионизирующем излучении
15. Защита от коррозии оборудования химической промышленности
16. Защита от коррозии строительных конструкций

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.