

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**

**«Теория и технология формирования неорганических покрытий»**

**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 к.т.н. А.А. Абрашовым и В.Х. Алешиной

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 **«Теория и технология формирования неорганических покрытий»** относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области материаловедения, защиты от коррозии с помощью нанесения неорганических покрытий.

**Цель дисциплины** – изучение закономерностей направленного изменения или восстановления механических и физико-химических свойств исходных поверхностей изделий в соответствии с их эксплуатационным назначением, посредством нанесения покрытий.

**Задачи дисциплины** – дать основные знания по известным способам осаждения неорганических покрытий и методам их получения.

– рассмотреть две основные технологические схемы, которые позволяют получать покрытия из неорганических материалов различного эксплуатационного назначения: защитные, декоративные, технологические, конструкционные, восстановительные и др.

Дисциплина **«Теория и технология формирования неорганических покрытий»** 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>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>   |   |   |  |   |
| Участие в организации и проведении проектов, исследований и разработок новых материалов и 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-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>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> | <p>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</p> <p>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.<br/>D Управление системой электрохимической защиты</p> |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | <p>линейных сооружений и объектов<br/>(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.</p> <p>В Разработка, сопровождение и интеграция инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br/>(уровень квалификации – 7)</p> |
|--|--|--|--|--|

|  |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| <p>Участие в организации и проведении проектов, исследований и разработок новых материалов и композиций, научных и прикладных экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов, а также изделий.</p> | <p>Технологические процессы производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий; оборудование, технологическая оснастка и приспособления; системы управления технологическими процессами.</p> | <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> | <p>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</p> <p>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.<br/>D Управление системой электрохимической защиты линейных сооружений и объектов (уровень квалификации – 7)</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических</p> |
|--|--|--|---|---|

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | <p>процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25.12.2015 № 1153н.</p> <p>В Разработка, сопровождение и интеграция инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов<br/>(уровень квалификации – 7)</p> |
|--|--|--|--|--|

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- классификацию всех методов нанесения неорганических покрытий, как внутренних (модифицирование), так и внешних;
- физико-химические свойства неорганических материалов для нанесения покрытий;
- технологические особенности процессов получения различных неорганических покрытий;
- способы осаждения металлических, керамических, композиционных и аморфных покрытий и методы их получения.

*Уметь:*

- определять на основе экспериментальных исследований характеристики покрытий различного эксплуатационного назначения;
- применять полученную информацию для решения конкретных технологических задач.

*Владеть:*

- современными тенденциями развития материаловедения и создания новых поколений перспективных материалов;
- навыком непрерывного идентифицирования, как инструментом определения физико-механических свойств пленок и покрытий (модуль Юнга, контактная твердость, адгезия, внутренние напряжения).

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Вид учебной работы  | Объем дисциплины       |            |              |
|---|------------------------|------------|--------------|
|   | ЗЕ                     | Акад. ч.   | Астр. ч.     |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>                                  | <b>4</b>               | <b>144</b> | <b>108</b>   |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>                        | <b>1,42</b>            | <b>51</b>  | <b>38,25</b> |
| Лекции  | 0,47                   | 17         | 12,75        |
| Практические занятия (ПЗ)   | 0,47                   | 17         | 12,75        |
| Лабораторные работы (ЛР)  | 0,47                   | 17         | 12,75        |
| <b>Самостоятельная работа</b>   | <b>2,58</b>            | <b>93</b>  | <b>69,75</b> |
| Контактная самостоятельная работа<br>(АттК из УП для зач / зач с оц.) | 2,58                   | 0,4        | 0,3          |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины                          |                        | 92,6       | 69,45        |
| <b>Вид итогового контроля:</b>  | <b>Зачет с оценкой</b> |            |              |



## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| №<br>п/п | Раздел дисциплины  | Академ. часов |          |               |                |                |
|----------|--|---------------|----------|---------------|----------------|----------------|
|          |  | Всего         | Лекции   | Прак.<br>зан. | Лаб.<br>работы | Сам.<br>работа |
| 1.       | <b>Раздел 1. Нанесение покрытий газотермическим напылением и закреплением порошкового слоя</b>   | <i>42</i>     | <i>6</i> | <i>4</i>      | –              | <i>32</i>      |
| 1.1      | Методы нанесения порошковых покрытий с закреплением и упрочнением слоя. Формирование порошковых покрытий с предварительным нанесением слоя и последующим ею упрочнением. Термическое упрочнение. Упрочнение механическим воздействием. Упрочнение и уплотнение пропиткой. Упрочнение электроконтактным воздействием. Области применения предварительно закрепленных и упрочненных порошковых покрытий.   | <i>7</i>      | <i>1</i> | <i>2</i>      | –              | <i>4</i>       |
| 1.2      | Нанесение порошковых покрытий газотермическим напылением. Общие закономерности процесса газотермического напыления покрытий. Методы газотермического напыления и их классификация. Основные параметры газотермического напыления и их влияние на эффективность процесса. Формирование потока напыления частиц. Формирование покрытий при газотермическом напылении. Температура и давление в контакте напыляемых частиц. Формирование напыленных покрытий расплавленными частицами. Формирование напыленных покрытий твердофазными частицами. Формирование напыленных покрытий смешанными частицами. Формирование однослойных и многослойных газотермических покрытий. | <i>7</i>      | <i>1</i> | –             | –              | <i>6</i>       |

|     |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1.3 | Технологические особенности методов газотермического напыления покрытий. Общие закономерности и классификация методов. Способы и технологические особенности плазменного напыления. Способы и технологические особенности газопламенного напыления. Газопламенное напыление с формированием струи за срезом сопла распылителя. Газопламенное напыление с формированием потока газопорошковой смеси в камерах с повышенным давлением. Газопламенное детонационное напыление покрытий.  | 7 | 1 | – | – | 6 |
| 1.4 | Нанесение газотермических покрытий дуговой и индукционной металлизацией. Способы и технологические особенности «холодного» газодинамического порошкового напыления.   | 6 | 1 | – | – | 5 |
| 1.5 | Оборудование для газотермического напыления покрытий. Установки для газотермического напыления. Комплектующие блоки и модули в установках для газотермического напыления. Установки для плазменного напыления. Установки и аппаратура для газопламенного напыления. Установки для детонационно-газового напыления. Установки для напыления покрытий дуговой и высокочастотной индукционной металлизацией. Установки для газодинамического напыления покрытий. Технологическая оснастка для газотермического напыления покрытий. | 8 | 1 | – | – | 7 |

|     |   |           |          |          |          |           |
|-----|---|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| 1.6 | Технология газотермического напыления покрытий из материалов различных групп. Общие закономерности. Металлургические процессы при газотермическом нанесении покрытий. Напыление покрытий из металлических и неметаллических элементов. Напыление-покрытий-из металлических сплавов. Напыление покрытий из металлдных соединений и сплавов на их основе. Напыление покрытий из бескислородных неметаллических соединений. Напыление покрытий из оксидных соединений.   | 7         | 1        | 2        | –        | 4         |
| 2.  | <b>Раздел 2. Нанесение покрытий химическим и электрохимическим осаждением</b>   | <b>54</b> | <b>6</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>31</b> |
| 2.1 | Формирование покрытий при электрохимическом и химическом осаждении. Схема и технологические особенности процесса электрохимического нанесения покрытий. Электрохимические, процессы в электролите и на электродах. Физико-химические процессы при осаждении металлов. Формирование электрохимических покрытий. Параметры электрохимического нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса. Электролитические процессы при нанесении композиционных, электрофорезных и анодных покрытий. Свойства электрохимических покрытий и области их применения. Технологические особенности процесса химического нанесения покрытий. | 15        | 2        | 2        | 3        | 8         |

|     |  |           |          |          |          |           |
|-----|--|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| 2.2 | Оснастка цехов и участков для химического и электрохимического нанесения покрытий. Оборудование для механизированной обработки поверхностей изделий. Электролитические и вспомогательные ванны. Источники питания электрохимических процессов. Технологическая оснастка. Механизированные и автоматизированные гальванические линии. Охрана труда при химическом и электрохимическом нанесении покрытий. | 13        | 2        | 2        | 2        | 7         |
| 2.3 | Технологические особенности нанесения химических и электрохимических покрытий. Исходные материалы для нанесения покрытий. Подготовка поверхности. Классификация электролитов. Нанесение химических и электрохимических покрытий из металлов и их сплавов. Нанесение электрохимических покрытий из неводных растворов.  | 13        | 1        | 2        | 2        | 8         |
| 2.4 | Химическое и электрохимическое модифицирование поверхностей в водных растворах. Оксидирование поверхностей изделий. Оксидирование металлов и сплавов. Фосфатирование металлов и сплавов. Особенности технологического процесса.  | 13        | 1        | 2        | 2        | 8         |
| 3.  | <b>Раздел 3. Нанесение покрытий различного эксплуатационного назначения</b>  | <b>48</b> | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>8</b> | <b>30</b> |

|     |   |    |   |   |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|
| 3.1 | Нанесение покрытий из расплава. Обобщенная схема процесса формирования покрытий. Смачивание и растекание расплава. Взаимодействие расплавленного материала покрытия с поверхностью изделия. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды. Нанесение покрытий оплавлением слоев из порошковых композиций. Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками теплоты и из твердофазного компактированного материала. Схемы нанесения покрытий. Технологические особенности нанесения покрытий наплавкой. Механизм и кинетика формирования твердофазных покрытий и их свойства. Технологические особенности нанесения твердофазных покрытий. | 12 | 1 | 2 | – | 9 |
| 3.2 | Общие закономерности в технологии нанесения неорганических покрытий. Конструктивные особенности изделия и требования к материалу покрытия. Выбор метода нанесения покрытия. Разработка оптимальных параметров технологического процесса. Последующая обработка покрытий. Контрольные операции в технологическом процессе нанесения покрытий. Автоматизированное проектирование технологического процесса нанесения покрытий.  | 7  | 1 | – | – | 6 |
| 3.3 | Нанесение защитных покрытий. Нанесение износостойких покрытий. Нанесение коррозионно-стойких покрытий. Нанесение жаростойких покрытий. Нанесение теплозащитных покрытий. Нанесение радиационно-защитных покрытий.   | 10 | 1 | 3 | 6 | – |
| 3.4 | Нанесение декоративных покрытий. Требования к декоративным покрытиям. Декоративные покрытия из металлических материалов. Декоративные покрытия из неметаллических материалов. Декоративные неорганические пленки.   | 8  | 1 | – | 2 | 5 |

|     |  |            |           |           |           |           |
|-----|--|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3.5 | <p>Нанесение конструкционных и технологических покрытий. Нанесение технологических покрытий. Нанесение конструкционных покрытий. Нанесение уплотняющих покрытий. Нанесение диэлектрических, токопроводящих и полупроводниковых покрытий. Нанесение оптических покрытий. Послеэксплуатационное восстановление поверхностей изделий нанесением покрытий. Значимость восстановительных покрытий и технологические особенности их нанесения. Твердофазные восстановительные покрытия. Жидкофазные восстановительные покрытия. Нанесение восстановительных покрытий по порошковой схеме формирования. Атомарные восстановительные покрытия.</p> | 11         | 1         | –         | –         | 10        |
|     | <b>ИТОГО</b>   | <b>144</b> | <b>17</b> | <b>17</b> | <b>17</b> | <b>93</b> |

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Нанесение покрытий газотермическим напылением и закреплением порошкового слоя**

1.1. Методы нанесения порошковых покрытий с закреплением и упрочнением слоя. Формирование порошковых покрытий с предварительным нанесением слоя и последующим его упрочнением. Термическое упрочнение. Упрочнение механическим воздействием. Упрочнение и уплотнение пропиткой. Упрочнение электроконтактным воздействием. Области применения предварительно закрепленных и упрочненных порошковых покрытий.

1.2. Нанесение порошковых покрытий газотермическим напылением. Общие закономерности процесса газотермического напыления покрытий. Методы газотермического напыления и их классификация. Основные параметры газотермического напыления и их влияние на эффективность процесса. Формирование потока напыления частиц. Формирование покрытий при газотермическом напылении. Температура и давление в контакте напыляемых частиц. Формирование напыленных покрытий расплавленными частицами. Формирование напыленных покрытий твердофазными частицами. Формирование напыленных покрытий смешанными частицами. Формирование однослойных и многослойных газотермических покрытий.

1.3. Технологические особенности методов газотермического напыления покрытий. Общие закономерности и классификация методов. Способы и технологические особенности плазменного напыления. Способы и технологические особенности газопламенного напыления. Газопламенное напыление с формированием струи за срезом сопла распылителя. Газопламенное напыление с формированием потока газопорошковой смеси в камерах с повышенным давлением. Газопламенное детонационное напыление покрытий.

1.4. Нанесение газотермических покрытий дуговой и индукционной металлизацией. Способы и технологические особенности «холодного» газодинамического порошкового напыления.

1.5. Оборудование для газотермического напыления покрытий. Установки для газотермического напыления. Комплектующие блоки и модули в установках для газотермического напыления. Установки для плазменного напыления. Установки и аппаратура для газопламенного напыления. Установки для детонационно-газового напыления. Установки для напыления покрытий дуговой и высокочастотной индукционной металлизацией. Установки для газодинамического напыления покрытий. Технологическая оснастка для газотермического напыления покрытий.

1.6. Технология газотермического напыления покрытий из материалов различных групп. Общие закономерности. Металлургические процессы при газотермическом нанесении покрытий. Напыление покрытий из металлических и неметаллических элементов. Напыление-покрытий-из металлических сплавов. Напыление покрытий из металлидных соединений и сплавов на их основе. Напыление покрытий из бескислородных неметаллических соединений. Напыление покрытий из оксидных соединений.

### **Раздел 2. Нанесение покрытий химическим и электрохимическим осаждением**

2.1. Формирование покрытий при электрохимическом и химическом осаждении. Схема и технологические особенности процесса электрохимического нанесения покрытий. Электрохимические процессы в электролите и на электродах. Физико-химические процессы при осаждении металлов. Формирование электрохимических покрытий. Параметры электрохимического нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса. Электролитические процессы при нанесении композиционных, электрофорезных и анодных покрытий. Свойства электрохимических покрытий и области их применения. Технологические особенности процесса химического нанесения покрытий

2.2. Оснастка цехов и участков для химического и электрохимического нанесения покрытий. Оборудование для механизированной обработки поверхностей изделий.

Электролитические и вспомогательные ванны. Источники питания электрохимических процессов. Технологическая оснастка. Механизированные и автоматизированные гальванические линии. Охрана труда при химическом и электрохимическом нанесении покрытий.

2.3. Технологические особенности нанесения химических и электрохимических покрытий. Исходные материалы для нанесения покрытий. Подготовка поверхности. Классификация электролитов. Нанесение химических и электрохимических покрытий из металлов и их сплавов. Нанесение электрохимических покрытий из неводных растворов

2.4. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхностей в водных растворах. Оксидирование поверхностей изделий. Оксидирование металлов и сплавов. Фосфатирование металлов и сплавов. Особенности технологического процесса.

### **Раздел 3. Нанесение покрытий различного эксплуатационного назначения**

3.1. Нанесение покрытий из расплава. Обобщенная схема процесса формирования покрытий. Смачивание и растекание расплава. Взаимодействие расплавленного материала покрытия с поверхностью изделия. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды. Нанесение покрытий оплавлением слоев из порошковых композиций. Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками теплоты и из твердофазного компактированного материала. Схемы нанесения покрытий. Технологические особенности нанесения покрытий наплавкой. Механизм и кинетика формирования твердофазных покрытий и их свойства. Технологические особенности нанесения твердофазных покрытий.

3.2. Общие закономерности в технологии нанесения неорганических покрытий. Конструктивные особенности изделия и требования к материалу покрытия. Выбор метода нанесения покрытия. Разработка оптимальных параметров технологического процесса. Последующая обработка покрытий. Контрольные операции в технологическом процессе нанесения покрытий. Автоматизированное проектирование технологического процесса нанесения покрытий

3.3. Нанесение защитных покрытий. Нанесение износостойких покрытий. Нанесение коррозионно-стойких покрытий. Нанесение жаростойких покрытий. Нанесение теплозащитных покрытий. Нанесение радиационно-защитных покрытий.

3.4. Нанесение декоративных покрытий. Требования к декоративным покрытиям. Декоративные покрытия из металлических материалов. Декоративные покрытия из неметаллических материалов. Декоративные неорганические пленки.

3.5. Нанесение конструкционных и технологических покрытий. Нанесение технологических покрытий. Нанесение конструкционных покрытий. Нанесение уплотняющих покрытий. Нанесение диэлектрических, токопроводящих и полупроводниковых покрытий. Нанесение оптических покрытий. Послеэксплуатационное восстановление поверхностей изделий нанесением покрытий. Значимость восстановительных покрытий и технологические особенности их нанесения. Твердофазные восстановительные покрытия. Жидкофазные восстановительные покрытия. Нанесение восстановительных покрытий по порошковой схеме формирования. Атомарные восстановительные покрытия.



## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| №  | В результате освоения дисциплины студент должен:  | Раздел<br>1  | Раздел<br>2 | Раздел<br>3 |   |
|--|---|--|-------------|-------------|---|
|  | <b>Знать:</b>   |  |             |             |   |
| 1  | – классификацию всех методов нанесения неорганических покрытий, как внутренних (модифицирование), так и внешних;  | +  | +           | +           |   |
| 2  | – физико-химические свойства неорганических материалов для нанесения покрытий;  | +  | +           |             |   |
| 3  | – технологические особенности процессов получения различных неорганических покрытий;  | +  | +           | +           |   |
| 4  | – способы осаждения металлических, керамических, композиционных и аморфных покрытий и методы их получения.  | +  | +           | +           |   |
|  | <b>Уметь:</b>   |  |             |             |   |
| 5  | – определять на основе экспериментальных исследований характеристики покрытий различного эксплуатационного назначения;  | +  | +           | +           |   |
| 6  | – применять полученную информацию для решения конкретных технологических задач.   | +  | +           | +           |   |
|  | <b>Владеть:</b>   |  |             |             |   |
| 7  | – современными тенденциями развития материаловедения и создания новых поколений перспективных материалов;   | +  | +           | +           |   |
| 8  | – навыком непрерывного идентифицирования, как инструментом определения физико-механических свойств пленок и покрытий (модуль Юнга, контактная твердость, адгезия, внутренние напряжения). |  | +           |             |   |
| В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:</i> |   |  |             |             |   |
|  | <b>Код и наименование ПК</b>  | <b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>   |             |             |   |
| 9  | ПК-5. Способен разрабатывать и внедрять технологические процессы в области защиты от коррозии; осуществлять выбор материалов для изготовления основного и                                 | ПК-5.2. Умеет разрабатывать технологические процессы в области защиты от коррозии, определять пригодность поверхности к обработке с целью придания требуемых функциональных свойств. | +           | +           | + |

|    |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|
| 10 | вспомогательного оборудования и коммуникационных сетей.   | ПК-5.3. Владеет навыками подготовки поверхности к нанесению покрытий, контроля их качества, принятия решений по компоновке линий нанесения защитных металлических и неметаллических покрытий. | + | + | + |
| 11 | 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. | ПК-6.1. Знает требования к функциональным и коррозионным характеристикам оборудования, материалов и покрытий, способы контроля, а также регламентирующие их нормативные документы.            | + | + | + |

## 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                    | Методы нанесения порошковых покрытий и их технологические особенности. Нанесение порошковых покрытий газотермическим методом.                         | 2    |
| 2     | 1                    | Технология газотермического напыления покрытий из материалов различных групп. Оборудование.   | 2    |
| 3     | 2                    | Электрохимические процессы в электролите и на электродах.   | 2    |
| 4     | 2                    | Формирование покрытий при электрохимическом и химическом осаждении. Технологические особенности процессов.  | 2    |
| 5     | 2                    | Оснастка цехов и участков для химического и электрохимического нанесения покрытий.  | 2    |
| 6     | 2                    | Химическое и электрохимическое модифицирование поверхностей в водных растворах (оксидирование, фосфатирование).                                       | 2    |
| 7     | 3                    | Нанесение покрытий из расплавов.  | 2    |
| 8     | 3                    | Общие закономерности в технологии нанесения неорганических покрытий: защитных, износостойких, жаростойких, коррозионно-стойких, конструкционных и др. | 3    |

### 6.2. Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине **«Теория и технология формирования неорганических покрытий»**, а также дает знания об основах электрохимии, материаловедении и защите от коррозии.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 24 балла (максимально по 4 балла за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ | Часы |
|-------|----------------------|---------------------------------|------|
| 1     | 2                    | Химическое меднение             | 3    |
| 2     | 2                    | Электрохимическое цинкование    | 3    |
| 3     | 2                    | Горячее цинкование              | 3    |
| 4     | 3                    | Анодирование алюминия           | 2    |
| 5     | 3                    | Оксидирование стали             | 3    |
| 6     | 3                    | Фосфатирование                  | 3    |

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

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

- регулярную проработку пройденного на лекциях, практических и лабораторных занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой 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 контрольной работы (максимальная оценка 10 баллов), лабораторного практикума (максимальная оценка 24 балла), реферата (максимальная оценка 26 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

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

Тема реферата относится к разным разделам дисциплины. Он оценивается из 26 баллов.

1. Нанесение порошковых покрытий газотермическим напылением.
2. Способы и технологические особенности плазменного напыления.
3. Способы и технологические особенности газопламенного напыления.
4. Газопламенное напыление с формированием струи за срезом сопла распылителя.
5. Газопламенное напыление с формированием потока газопорошковой смеси в камерах с повышенным давлением.
6. Газопламенное детонационное напыление покрытий.
7. Нанесение газотермических покрытий дуговой и индукционной металлизацией.
8. Способы и технологические особенности «холодного» газодинамического порошкового напыления.
9. Установки для газотермического напыления.
10. Комплектующие блоки и модули в установках для газотермического напыления.
11. Установки для плазменного напыления.
12. Установки и аппаратура для газопламенного напыления.
13. Установки для детонационно-газового напыления.
14. Установки для напыления покрытий дуговой и высокочастотной индукционной металлизацией.
15. Напыление покрытий из металлических и неметаллических элементов.
16. Металлургические процессы при газотермическом нанесении покрытий.
17. Технология газотермического напыления покрытий из материалов различных групп.

18. Напыление покрытий из металлидных соединений и сплавов на их основе.
19. Напыление покрытий из металлических сплавов.
20. Напыление покрытий из бескислородных неметаллических соединений.
21. Напыление покрытий из оксидных соединений.
22. Формирование вакуумных конденсационных покрытий из паровых потоков наносимого материала.
23. Технологические особенности конденсационного нанесения покрытий термическим испарением.
24. Оборудование для вакуумного конденсационного нанесения покрытий.
25. Установки для вакуумного конденсационного нанесения покрытий.
26. Нанесение вакуумных конденсационных покрытий из различных групп материалов.
27. Нанесение конденсационных покрытий из металлических и неметаллических элементов.
28. Нанесение конденсационных покрытий из сплавов на металлической и неметаллической основе.
29. Нанесение конденсационных покрытий из металлидных (интерметаллидных) соединений.
30. Технологические особенности газофазного осаждения материала в покрытие.
31. Физико-химические процессы осаждения продуктов газофазных реакций.
32. Технологические особенности газофазного нанесения покрытий.
33. Внекамерные способы газофазного осаждения покрытий.
34. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды.
35. Нанесение покрытий оплавлением слоев из порошковых композиций.
36. Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками теплоты и из твердофазного компактированного материала.
37. Технологические особенности нанесения покрытий наплавкой.
38. Механизм и кинетика формирования твердофазных покрытий и их свойства.
39. Технологические особенности нанесения твердофазных покрытий.
40. Покрытия, нанесенные с помощью золь-гель технологии.

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

Для текущего контроля предусмотрена 1 контрольная работа. Контрольная работа относится к разным разделам дисциплины. Она включает в себя два вопроса и суммарно оценивается из 10 баллов. Каждый вопрос оценивается из расчета 5 баллов.

1. Методы нанесения порошковых покрытий с закреплением и упрочнением слоя.
2. Нанесение порошковых покрытий газотермическим напылением.
3. Методы газотермического напыления и их классификация.
4. Технологические особенности методов газотермического напыления покрытий.
5. Газопламенное напыление с формированием струи за срезом сопла распылителя.
6. Газопламенное напыление с формированием потока газопорошковой смеси в камерах с повышенным давлением.
7. Газопламенное детонационное напыление покрытий.
8. Нанесение газотермических покрытий дуговой и индукционной металлизацией.
9. Оборудование для газотермического напыления покрытий.
10. Технология газотермического напыления покрытий из материалов различных групп.
11. Формирование покрытий при электрохимическом и химическом осаждении.
12. Электрохимические процессы в электролите и на электродах.
13. Формирование электрохимических покрытий.
14. Электролитические процессы при нанесении композиционных, электрофорезных и анодных покрытий.
15. Оснастка цехов и участков для химического и электрохимического нанесения

- покрытий. Оборудование для механизированной обработки поверхностей изделий.
16. Технологические особенности нанесения химических и электрохимических покрытий.
  17. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхностей в водных растворах. Оксидирование поверхностей изделий. Оксидирование металлов и сплавов. Фосфатирование металлов и сплавов. Особенности технологического процесса.
  18. Нанесение покрытий из расплава.
  19. Технологические особенности нанесения твердофазных покрытий.
  20. Общие закономерности в технологии нанесения неорганических покрытий.
  21. Нанесение защитных покрытий.
  22. Нанесение износостойких покрытий.
  23. Нанесение коррозионно-стойких покрытий.
  24. Нанесение жаростойких покрытий.
  25. Нанесение теплозащитных покрытий. Нанесение радиационно-защитных покрытий.
  26. Нанесение декоративных покрытий.
  27. Нанесение конструкционных и технологических покрытий. Нанесение технологических покрытий.
  28. Нанесение оптических покрытий.
  29. Нанесение уплотняющих покрытий.

### **8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачет с оценкой)**

Билет включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 14 баллов, вопрос 2 – 13 баллов, вопрос 3 – 13 баллов.

#### **8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (3 семестр – зачет с оценкой)**

1. Методы нанесения порошковых покрытий с закреплением и упрочнением слоя.
2. Формирование порошковых покрытий с предварительным нанесением слоя и последующим его упрочнением. Термическое упрочнение. Упрочнение механическим воздействием. Упрочнение и уплотнение пропиткой. Упрочнение электроконтактным воздействием.
3. Области применения предварительно закрепленных и упрочненных порошковых покрытий.
4. Нанесение порошковых покрытий газотермическим напылением. Общие закономерности процесса газотермического напыления покрытий.
5. Методы газотермического напыления и их классификация. Основные параметры газотермического напыления и их влияние на эффективность процесса.
6. Формирование потока напыления частиц. Формирование покрытий при газотермическом напылении. Температура и давление в контакте напыляемых частиц.
7. Формирование напыленных покрытий расплавленными частицами.
8. Формирование напыленных покрытий твердофазными частицами.
9. Формирование напыленных покрытий смешанными частицами.
10. Формирование однослойных и многослойных газотермических покрытий.
11. Технологические особенности методов газотермического напыления покрытий. Общие закономерности и классификация методов.
12. Способы и технологические особенности плазменного напыления. Способы и технологические особенности газопламенного напыления.
13. Газопламенное напыление с формированием струи за срезом сопла распылителя.

14. Газопламенное напыление с формированием потока газопорошковой смеси в камерах с повышенным давлением. Газопламенное детонационное напыление покрытий.
15. Нанесение газотермических покрытий дуговой и индукционной металлizationей.
16. Способы и технологические особенности «холодного» газодинамического порошкового напыления.
17. Оборудование для газотермического напыления покрытий. Установки для газотермического напыления. Комплектующие блоки и модули в установках для газотермического напыления.
18. Установки для плазменного напыления. Установки и аппаратура для газопламенного напыления.
19. Установки для детонационно-газового напыления.
20. Установки для напыления покрытий дуговой и высокочастотной индукционной металлizationей.
21. Установки для газодинамического напыления покрытий. Технологическая оснастка для газотермического напыления покрытий.
22. Технология газотермического напыления покрытий из материалов различных групп. Общие закономерности.
23. Металлургические процессы при газотермическом нанесении покрытий.
24. Напыление покрытий из металлических и неметаллических элементов.
25. Напыление-покрытий-из металлических сплавов.
26. Напыление покрытий из металлidных соединений и сплавов на их основе.
27. Напыление покрытий из бескислородных неметаллических соединений.
28. Напыление покрытий из оксидных соединений.
29. Формирование покрытий при электрохимическом и химическом осаждении.
30. Схема и технологические особенности процесса электрохимического нанесения покрытий.
31. Электрохимические, процессы в электролите и на электродах.
32. Физико-химические процессы при осаждении металлов.
33. Формирование электрохимических покрытий. Параметры электрохимического нанесения-покрытий и их влияние на эффективность процесса.
34. Электролитические процессы при нанесении композиционных, электрофорезных и анодных покрытий.
35. Свойства электрохимических покрытий и области их применения.
36. Технологические особенности процесса химического нанесения покрытий
37. Оснастка цехов и участков для химического и электрохимического нанесения покрытий.
38. Оборудование для механизированной обработки поверхностей изделий.
39. Электролитические и вспомогательные ванны. Источники питания электрохимических процессов.
40. Технологическая оснастка. Механизированные и автоматизированные гальванические линии.
41. Охрана труда при химическом и электрохимическом нанесении покрытий.
42. Технологические особенности нанесения химических и электрохимических покрытий. Исходные материалы для нанесения покрытий. Подготовка поверхности.
43. Классификация электролитов. Нанесение химических и электрохимических покрытий из металлов и их сплавов.
44. Нанесение электрохимических покрытий из неводных растворов
45. Химическое и электрохимическое модифицирование поверхностей в водных растворах.
46. Оксидирование поверхностей изделий. Оксидирование металлов и сплавов.
47. Фосфатирование металлов и сплавов. Особенности технологического процесса.

48. Нанесение покрытий из расплава. Обобщенная схема процесса формирования покрытий.
49. Смачивание и растекание расплава. Взаимодействие расплавленного материала покрытия с поверхностью изделия.
50. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды.
51. Нанесение покрытий оплавлением слоев из порошковых композиций.
52. Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками теплоты и из твердофазного компактированного материала. Схемы нанесения покрытий.
53. Технологические особенности нанесения покрытий наплавкой.
54. Механизм и кинетика формирования твердофазных покрытий и их свойства. Технологические особенности нанесения твердофазных покрытий.
55. Общие закономерности в технологии нанесения неорганических покрытий.
56. Конструктивные особенности изделия и требования к материалу покрытия. Выбор метода нанесения покрытия.
57. Разработка оптимальных параметров технологического процесса. Последующая обработка покрытий.
58. Контрольные операции в технологическом процессе нанесения покрытий.
59. Автоматизированное проектирование технологического процесса нанесения покрытий.
60. Нанесение защитных покрытий. Нанесение износостойких покрытий. Нанесение коррозионно-стойких покрытий. Нанесение жаростойких покрытий. Нанесение теплозащитных покрытий. Нанесение радиационно-защитных покрытий.
61. Нанесение декоративных покрытий. Требования к декоративным покрытиям.
62. Декоративные покрытия из металлических материалов. Декоративные покрытия из неметаллических материалов. Декоративные неорганические пленки.
63. Нанесение конструкционных и технологических покрытий.
64. Нанесение технологических покрытий. Нанесение конструкционных покрытий.
65. Нанесение уплотняющих покрытий. Нанесение диэлектрических, токопроводящих и полупроводниковых покрытий.
66. Нанесение оптических покрытий.
67. Послеэксплуатационное восстановление поверхностей изделий нанесением покрытий. Значимость восстановительных покрытий и технологические особенности их нанесения.
68. Твердофазные восстановительные покрытия. Жидкофазные восстановительные покрытия.
69. Нанесение восстановительных покрытий по порошковой схеме формирования. Атомарные восстановительные покрытия.

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

#### 8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (3 семестр)

*Зачет с оценкой* по дисциплине «*Теория и технология формирования неорганических покрытий*» проводится в 3 семестре и включает контрольные вопросы по разделам 1, 2 и 3 рабочей программы дисциплины. Билет для *зачета с оценкой* состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

|             |  |
|-------------|--|
| «Утверждаю» | <b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>                             |
|             | <b>Российский химико-технологический университет<br/>имени Д.И. Менделеева</b> |



|  |  |
|--|--|
| Зав. кафедрой<br>инновационных материалов<br>и защиты от коррозии<br><br>_____<br>(Подпись) <u>Т. А. Ваграмян</u><br>(И. О. Фамилия)<br><br>«__» _____ 2021 г.   | <b>Кафедра инновационных материалов<br/> и защиты от коррозии</b>  |
|  | <b>22.03.01 Материаловедение и технологии материалов<br/> Магистерская программа –<br/> «Инновационные материалы и защита от коррозии»</b> |
|  | <b>Теория и технология формирования<br/> неорганических покрытий</b>   |
| <b>Билет № 1</b>   |  |
| 1. Методы нанесения порошковых покрытий с закреплением и упрочнением слоя. Формирование порошковых покрытий с предварительным нанесением слоя и последующим ею упрочнением.<br>2. Технологические особенности нанесения химических и электрохимических покрытий.<br>3. Нанесение декоративных покрытий. Требования к декоративным покрытиям. Декоративные покрытия из металлических материалов. Декоративные покрытия из неметаллических материалов. Декоративные неорганические пленки. |  |

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Гамбург Ю.Д., Зангари Дж. Теория и практика электроосаждения металлов; пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 438 с.

#### *Б. Дополнительная литература*

1. Мирзоев Р.А. Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов: учебное пособие / Р.А. Мирзоев, А.Д. Давыдов. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. 384 с.
2. «Прикладная электрохимия» (учебник). Под ред. д.т.н. проф. Томилова А.П. – 3-е. изд., перераб. – М.: Химия, 1984. 520 с.
3. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник / В.Б. Арзамасов [и др.]; ред. В.Б. Арзамасов, А.А. Черепашин. М.: Академия, 2007. 447 с.
4. Григорян Н.С., Абрашов А.А., Мазурова Д.В., Ваграмян Т.А. Защитные металлические и конверсионные покрытия. Лабораторный практикум. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. 175 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» ISSN 0869-5326.
- Журнал «Коррозия: материалы, защита» ISSN 1813-7016.
- Журнал «Corrosion Science» ISSN 0010-938X.

- Журнал «Практика противокоррозионной защиты» ISSN 1998-5738.
- Журнал «Физикохимия поверхности и защита материалов (с 2008 г.)» ISSN 0044-1856.
- Журнал «Corrosion Engineering Science and Technology» ISSN 1478-422X.
- Журнал «Corrosion Reviews» ISSN 0334-6005.
- Журнал «Materials and Corrosion - Werkstoffe und Korrosion». ISSN 0043-2822.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://bookfi.org> – 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 рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 8 (общее число слайдов – 300).

## **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 *«Теория и технология формирования неорганических покрытий»* проводятся в форме лекций, практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

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

1. Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная лаборатория для проведения лабораторных занятий.
2. Оборудование: потенциостат IPC-ProMF, вращающийся дисковый электрод ВЭД-06, водяные бани ЛБ-12, термостат LOIP LB 200, магнитные мешалки MSH-300, механическая мешалка RZR-2021, магнитная мешалка MR HEI-STANDART, портативные рН-метры рН-410, ионметр АНИОН 4111, шлифовально-полировальный станок МР-2, станок для запрессовки ХQ-2В, металлографический микроскоп МЕТАМ РВ-21/22, сушильный шкаф ШС-80-01 СПУ (до 350°C), муфельная печь SNOL 7,2/900, гальваническая установка PGG 10/3-B-1,5, профилометр Mitutoyo Surftest SJ-310, коррозиметр высокого разрешения MS1500E Handheld ER Corrosion Data Logger, аналитические весы CE224-C, аналитические весы GR-200, аналитические весы OHAUS DV 215CD, технические весы Ек 600i, дистилляторы ДЭ-4-02-«ЭМО», муфельная печь SNOL 7,2/1100 и др.

#### **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 лекциям; 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; электронная картотека по рентгенофазовому анализу.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

| № п.п. | Наименование программного продукта                                     | Реквизиты договора поставки            | Количество лицензий  | Срок окончания действия лицензии   |
|--------|--|--|--|--|
| 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>Раздел 1. Нанесение покрытий газотермическим напылением и закреплением порошкового слоя</p> | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию всех методов нанесения неорганических покрытий, как внутренних (модифицирование), так и внешних;</li> <li>– физико-химические свойства неорганических материалов для нанесения покрытий;</li> <li>– технологические особенности процессов получения различных неорганических покрытий;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять на основе экспериментальных исследований характеристики покрытий различного эксплуатационного назначения;</li> <li>– применять полученную информацию для решения конкретных технологических задач;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современными тенденциями развития материаловедения и создания новых поколений перспективных материалов.</li> </ul> | <p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет с оценкой (3 семестр)</p>  |
| <p>Раздел 2. Нанесение покрытий химическим и электрохимическим осаждением</p>                  | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию всех методов нанесения неорганических покрытий, как внутренних (модифицирование), так и внешних;</li> <li>– физико-химические свойства неорганических материалов для нанесения покрытий;</li> <li>– технологические особенности процессов получения различных неорганических покрытий;</li> <li>– способы осаждения металлических, керамических, композиционных и аморфных покрытий и методы их получения;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять на основе экспериментальных исследований характеристики покрытий различного эксплуатационного назначения;</li> <li>– применять полученную информацию для решения конкретных технологических задач;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p>   | <p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы № 1-3</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет с оценкой (3 семестр)</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | – современными тенденциями развития материаловедения и создания новых поколений перспективных материалов.  |  |
| Раздел 3. Нанесение покрытий различного эксплуатационного назначения | <p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию всех методов нанесения неорганических покрытий, как внутренних (модифицирование), так и внешних;</li> <li>– физико-химические свойства неорганических материалов для нанесения покрытий;</li> <li>– технологические особенности процессов получения различных неорганических покрытий;</li> <li>– способы осаждения металлических, керамических, композиционных и аморфных покрытий и методы их получения;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– определять на основе экспериментальных исследований характеристики покрытий различного эксплуатационного назначения;</li> <li>– применять полученную информацию для решения конкретных технологических задач;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современными тенденциями развития материаловедения и создания новых поколений перспективных материалов;</li> <li>– навыком непрерывного идентифицирования, как инструментом определения физико-механических свойств пленок и покрытий (модуль Юнга, контактная твердость, адгезия, внутренние напряжения).</li> </ul> | <p>Оценка за контрольную работу</p> <p>Оценка за лабораторные работы № 4-6</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет с оценкой (3 семестр)</p> |

### **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 оснащённости 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  
«Теория и технология формирования неорганических покрытий»**

**основной образовательной программы  
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Инновационные материалы и защита от коррозии»**  
наименование ООП

Форма обучения: **очная**

| Номер<br>изменения/<br>дополнения | Содержание дополнения/изменения | Основание внесения<br>изменения/дополнения                             |
|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| 1.                                |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета № _____ от<br>«___» _____ 20__ г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета № _____ от<br>«___» _____ 20__ г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета № _____ от<br>«___» _____ 20__ г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета № _____ от<br>«___» _____ 20__ г. |
|                                   |                                 | протокол заседания Ученого<br>совета № _____ от<br>«___» _____ 20__ г. |