

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  В.А. Небольсин  
«26» апреля 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Технология нанесения покрытий»

**Направление подготовки 16.04.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

**Профиль Прикладная физика твердого тела**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2019**

Автор программы  / Янченко Л.И. /

И.О. Зав. кафедрой Физики  
твердого тела  / Костюченко А.В. /

Руководитель ОПОП  / Костюченко А.В. /

Воронеж 2019

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у студента универсальных, предметно-специализированных компетенций, способствующих уверенной ориентации будущих магистров в области современных технологий упрочнения поверхности материалов.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Для достижения цели ставятся задачи: ознакомление студентов с ролью поверхности в определении срока службы деталей машин и механизмов, изучение традиционных методов упрочнения поверхности, изучение высокоэнергетических технологий обработки материалов, ознакомление студентов с современными состояниями в области технологий поверхностной обработки материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технология нанесения покрытий» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технология нанесения покрытий» направлен на формирование следующих компетенций:

ДПК-2 - способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства электронной техники, работающие на новых физических принципах

ПК-5 - способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ДПК-2	Знать - методы нанесения покрытий и технологии обработки поверхности, их преимущества и недостатки;
	Уметь - объяснить основные особенности методов нанесений покрытий; - осуществить выбор методики и технологии при необходимости упрочнения поверхности материалов;
	Владеть навыками разработки современных технологий нанесения покрытий
ПК-5	Знать основные тенденции развития технологий упрочнения покрытий.

Уметь - понимать физическую суть и разбираться в технологических аспектах новых методов и технологий, освоение которых потребуется в будущей профессиональной деятельности
Владеть - навыками использования основных физических законов и принципов в важнейших практических приложениях;

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технология нанесения покрытий» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	108	108
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**  
**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Закономерности образования и роста покрытий, формируемых из газовой фазы. Стадии и механизмы роста покрытий при их осаждении из газового потока.	Образование адсорбционной фазы и зародышей конденсированной фазы. Теории зародышеобразования. Кинетика адсорбции. Критические параметры конденсации. Аналитическое описание кинетики конденсации. Релаксационное уравнение конденсации.	6	6	36	48

		Закономерности образования и роста вакуумных покрытий Адсорбция и образование зародышей конденсированной фазы Взаимодействие частиц конденсированной фазы, их срастание (коалесценция)				
2	Физические основы нанесения вакуумных покрытий	Основные стадии и особенности процесса нанесения вакуумных покрытий Классификация методов осаждения вакуумных покрытий Испарение атомов металла Получение покрытий резистивным испарением Электронно-лучевое нанесение вакуумных покрытий Лазерное нанесение покрытий Лазерное нанесение покрытий	6	6	36	48
3	Физические основы нанесения покрытий методом распыления	Физические основы ионного распыления Катодное распыление Магнетронное распыление Высокочастотное распыление Получение покрытий распылением в несамостоятельном газовом разряде Методы контроля параметров осаждения покрытий Вакуумная металлизация полимерных материалов Особенности вакуумной металлизации полимерных материалов Технология вакуумной металлизации полимерных материалов	6	6	36	48
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>108</b>	<b>144</b>

## Лекции 18 ч

1. Тонкие пленки и покрытия, основные определения, этапы исследований поверхности и тонких пленок.

Классификация пленок и их основные параметры. Методы нанесения вакуумных покрытий, их классификация

2. Закономерности образования и роста покрытий, формируемых из газовой фазы. Стадии и механизмы роста покрытий при их осаждении из газового потока.

Образование адсорбционной фазы и зародышей конденсированной фазы. Теории зародышеобразования. Кинетика адсорбции. Критические параметры конденсации.

Аналитическое описание кинетики конденсации. Релаксационное уравнение конденсации.

2.1. Закономерности образования и роста вакуумных покрытий

2.2. Адсорбция и образование зародышей конденсированной фазы

2.3. Взаимодействие частиц конденсированной фазы, их срастание (коалесценция)

3. Физические основы нанесения вакуумных покрытий

3.1. Основные стадии и особенности процесса нанесения вакуумных покрытий

3.2. Классификация методов осаждения вакуумных покрытий

3.3. Испарение атомов металла

3.4. Получение покрытий резистивным испарением

3.5. Электронно-лучевое нанесение вакуумных покрытий

3.6. Лазерное нанесение покрытий

3.6. Лазерное нанесение покрытий

4. Физические основы нанесения покрытий методом распыления

4.1. Физические основы ионного распыления

- 4.2. Катодное распыление
- 4.3. Магнетронное распыление
- 4.4. Высокочастотное распыление
- 4.5. Получение покрытий распылением в несамостоятельном газовом разряде
- 4.6. Методы контроля параметров осаждения покрытий
- 4.7. Вакуумная металлизация полимерных материалов
- 4.8. Особенности вакуумной металлизации полимерных материалов
- 4.9. Технология вакуумной металлизации полимерных материалов
5. Реактивные методы нанесения покрытий. Получение покрытий конденсацией с ионной бомбардировкой (методом киб)
6. Технология нанесения углеродных алмазоподобных покрытий  
Радиационно-стимулированные методы обработки материалов.  
Ионная имплантация
- 9.1. Физические основы метода
- 9.2. Структура и свойства имплантированных слоев

## Практика 18 ч

1. Способы подготовки поверхности деталей перед покрытием и применяемое оборудование.  
Механическая подготовка поверхности деталей. Химическое обезжиривание. Электрохимическое обезжиривание. Ультразвуковая очистка. Способы травления и активирования металлов.
2. Приспособления и способы монтажа деталей.  
Назначение и устройство подвесных приспособлений. Дополнительные аноды и экраны.
3. Оборудование гальванических цехов.  
Ванны для нанесения гальванических покрытий, их устройство и характеристики. Оборудование для покрытия мелких деталей. Полуавтоматические и автоматические установки для нанесения гальванических покрытий. Вспомогательное оборудование. Электрическое оборудование гальванических цехов.
4. Общие сведения о технологическом процессе.  
Выбор технологии нанесения гальванических покрытий. Технологический процесс нанесения гальванических покрытий.
5. Защитно-декоративные покрытия.  
Назначение и область применения медных, никелевых, хромовых и железных покрытий.
6. Защитные покрытия.  
Свойства и область применения цинковых, кадмиевых, оловянных, свинцовых покрытий.  
Гальванические покрытия и пасты для защиты поверхности деталей от науглероживания.
7. Виды гальванических покрытий для увеличения износостойкости деталей.  
Назначение и область применения пористого хромирования. Состав ванн и режим работы для пористого хромирования.
8. Электроосаждение сплавов.  
Условия совместного осаждения металлов. Латунирование. Бронзирование.  
Покрытия сплавом олово-свинец. Покрытие сплавом олово-висмут. Покрытия сплавами олово-цинк, олово-никель, олово-кадмий, цинк-кадмий. Осаждение магнитных сплавов.
9. Покрытие драгоценными металлами.  
Назначение и область применения серебряных покрытий. Серебрение стальных деталей для антифрикционных целей. Туснение серебряных покрытий и методы борьбы с ним. Область применения золочения. Область применения платинирования. Область применения палладирования. Область применения родирования.
10. Оксидирование и фосфатирование черных металлов.  
Назначение и область применения оксидирования. Щелочное оксидирование. Бесщелочное оксидирование. Назначение и область применения фосфатирования. Состав растворов фосфатирования и режим работы.
11. Методы нанесения покрытий на алюминий и его сплавы.  
Процесс нанесения покрытий на алюминий и его сплавы. Особенности и методы подготовки алюминия под покрытие. Технология покрытия алюминия и его сплавов. Анодное оксидирование алюминия. Сущность процесса и область применения. Состав электролитов анодирования и режим работы. Эматалирование. Твердое анодирование. Методы декоративной отделки алюминия. Химическое фрезерование алюминия.
12. Технологический процесс нанесения гальванических покрытий.  
Последовательность операций подготовки поверхности перед покрытием. Технологический процесс механической подготовки поверхности. Технология травления черных металлов. Особенности травления нержавеющей стали. Технология травления цветных металлов. Технология одновременного травления и обезжиривания поверхности. Электрохимическое и химическое полирование металлов. Особенности технологического процесса покрытия внутренних поверхностей при хромировании. Способы промывки и просушивания деталей. Область применения гальванопластики. Выбор материала формы и технология ее

изготовления. Способы нанесения разделительных и проводящих слоев. Режим работы и состав электролитов для наращивания металлов. Частные случаи гальванопластики. Осаждение металлов в электровакуумных установках.

13. Стандартизация и контроль качества продукции.

Виды дефектов и брака металлопокрытий. Способы определения толщины покрытия. Методы определения прочности сцепления и пористости гальванических покрытий. Коррозионная устойчивость гальванических покрытий.

### **Самостоятельная работа 108 ч**

1. Срок службы деталей машин и механизмов и роль поверхности
- 1.2 Эксплуатационные условия работы и причины отказа деталей
- 1.3 Поверхностная обработка деталей для увеличения долговечности машин и механизмов
- 1.4 Классификация методов упрочнения поверхности
2. Методы модифицирования поверхности
- 2.1 Механическая обработка поверхности
- 2.2 Термическая обработка поверхности
- 2.3 Химико-термическая обработка
3. Методы нанесения покрытий
- 3.1 Назначение покрытий
- 3.2 Адгезия покрытий
- 3.3 Механические методы нанесения покрытий
- 3.4 Химическое осаждение покрытий
- 3.5 Гальванические покрытия
- 3.6 Электрофизические методы нанесения покрытий
- 3.7 Наплавка
- 3.8 Напыленные покрытия
- 3.8.1 Газотермические покрытия
- 3.8.2 Газодинамические покрытия
- 3.8.2 Вакуумно-конденсационные покрытия
- 3.9 Формирование покрытий методом СВС
4. Высокотехнологические технологии обработки поверхности
- 4.1 Электронно-ионно-квантовые технологии
- 4.1 Лазерная обработка поверхности
- 4.2 Электронно-лучевые технологии
- 4.3 Ионно-лучевая технология
5. Физическая природа поведения материалов при поверхностном упрочнении
- 5.1 Особенности поведения упрочненного материала на мезомасштабном уровне
- 5.2 Структурные изменения материала поверхностного слоя
- 5.3 Принцип масштабной инвариантности
6. Комбинированные методы обработки поверхности

### **5.2 Перечень лабораторных работ**

Не предусмотрено учебным планом

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ДПК-2	знать МЕТОДЫ нанесения покрытий и технологии обработки поверхности, их преимущества и недостатки	Тест, решение практических задач, самостоятельная подготовка тем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь ОБЪЯСНИТЬ основные особенности методов нанесений покрытий; - осуществить выбор методики и технологии при необходимости упрочнения поверхности материалов	Тест, решение практических задач, самостоятельная подготовка тем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками разработки современных технологий нанесения покрытий	Тест, решение практических задач, самостоятельная подготовка тем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	Знать основные тенденции развития технологий упрочнения покрытий	Тест, решение практических задач, самостоятельная подготовка тем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь ПОНИМАТЬ физическую суть и разбираться в технологических	Тест, решение практических задач, самостоятельная подготовка тем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

аспектах новых методов и технологий, освоение которых потребуются в будущей профессиональной деятельности			
Владеть НАВЫКАМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ И ПРИНЦИПОВ в важнейших практических приложениях	Тест, решение практических задач, самостоятельная подготовка тем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ДПК-2	знать методы нанесения покрытий и технологии обработки поверхности, их преимущества и недостатки	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь объяснить основные особенности методов нанесений покрытий; - осуществить выбор методики и технологии при необходимости упрочнения поверхности материалов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками разработки современных	Решение прикладных задач в конкретной	Задачи решены в полном объеме и получены	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены



	технологий нанесения покрытий	предметной области	верные ответы	получен верный ответ во всех задачах	большинстве задач	
ПК-5	Знать основные тенденции развития технологий упрочнения покрытий	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь понимать физическую суть и разбираться в технологических аспектах новых методов и технологий, освоение которых потребуется в будущей профессиональной деятельности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками использования основных физических законов и принципов в важнейших практических приложениях	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В каких из перечисленных методов покрытия формируются из жидкой фазы:
  - а) испарение в вакууме;
  - б) ионное распыление;
  - в) пиролиз химических соединений;
  - г) лакокрасочные покрытия.
2. Критерий, с помощью которого определяют тонкие покрытия:
  - а) размерный эффект;
  - б) эффект поля;

в) формирование монослоя, покрывающего поверхность.

3. Функция распределения частиц конденсированной фазы по размерам

а) монотонно растет;

б) имеет максимум;

в) носит убывающий характер.

4. Условие полной термической аккомодации:

а) энергия атомов, уходящих в газовую фазу равна энергии атомов подложки;

б) энергия атомов, уходящих в газовую фазу больше энергии атомов подложки;

в) энергия атомов, уходящих в газовую фазу меньше энергии атомов подложки

5. Какие существуют механизмы образования зародышей:

а) коалесценция;

б) за счет флуктуации плотности адсорбированных атомов;

в) зародышеобразование на дефектах;

г) термоэмиссия.

6. Критический размер зародыша соответствует:

а) максимуму свободной энергии Гиббса;

б) минимуму свободной энергии Гиббса;

в) не зависит от свободной энергии Гиббса.

7. Температура Кнудсена это:

а) минимальное значение температуры, при которой происходит конденсация;

б) максимальное значение температуры, при которой происходит конденсация;

в) температура, которая характеризует критические зародыши.

8. Коалесценцией называют:

а) процесс стеклования полимера;

б) процесс захвата атома из газовой среды;

в) процесс слияния островков.

9. Наиболее высокопроизводительной и экологичной технологией нанесения покрытий высокого качества из любых материалов является:

а) осаждение покрытий в вакууме;

б) гальваническая;

в) химическая;

г) газотермическая.

10. Для расчета давления остаточных газов в вакуумной камере учитывают условие ( $\lambda$  – длина свободного пробега,  $d$  – размер вакуумной камеры):

а)  $\lambda < d$ ;

б)  $\lambda > d$ ;

в)  $\lambda = d$ .

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

11. Атомные потоки, исходящие из зоны парообразования удовлетворяют:

а) законам Фурье;

б) законам Фика;

в) законам Ламберта.

12. Какой из методов не относится к группе методов нанесения покрытий в результате ионного распыления:

а) катодный;

б) магнетронный;

в) индукционный.

13. Какой материал можно использовать в качестве проволочного резистивного испарителя:

а) алюминий;

б) вольфрам;

в) золото.

14. Схема процесса электронно-лучевого нанесения покрытий должна содержать:

- а) магнетрон;
- б) оптический квантовый генератор;
- в) электронно-лучевую пушку.

15. Наибольшая энергия импульса реализуется в следующем режиме работы ОКГ:

- а) режим секундного импульса;
- б) режим миллисекундного импульса;
- в) режим наносекундного импульса.

16. К недостаткам электродугового метода нанесения покрытий относят:

- а) образование в газовом потоке капельной фазы;
- б) формирование катодных пятен вакуумной дуги;
- в) слабая адгезия покрытия.

17. Наибольшее распыление происходит при углах падения ионов:

- а)  $60 - 75^{\circ}$ ;
- б)  $30 - 60^{\circ}$ ;
- в)  $80 - 90^{\circ}$ .

18. Процесс катодного нанесения покрытия называется реактивным, когда:

- а) распыления производят в инертной среде;
- б) распыление производят в химически активной среде;
- в) используют автономный ионный источник.

19. Использование постоянных магнитов при магнетронном распылении обеспечивает:

- а) низкое тепловое воздействие на изделие;
- б) возможность получения покрытий различного химического состава;
- в) повышение скорости распыления.

20. Высокочастотное распыление используют для нанесения покрытий из:

- а) полимеров;
- б) диэлектриков;
- в) металлов.

.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

21. Для инициирования и поддержания несамостоятельного газового разряда используют:

- а) термокатод;
- б) магнетрон;
- в) мишень.

22. Масс-спектрометры применяют для:

- а) контроля толщины и скорости роста покрытий;
- б) исследования структуры покрытий;
- в) определения химического состава газовой фазы.

23. Для контроля толщины нанесенных покрытий не используют метод:

- а) оптический;
- б) вольтметра-амперметра;
- в) основанный на резонансе кварцевых кристаллов;
- г) механического взвешивания.

24. Каким из перечисленных свойств не обладают металлизированные полимеры:

- а) электропроводность;
- б) легкость, прочность, гибкость;
- в) оптическая прозрачность.

25. Если осаждение металла проводят на нагретую поверхность полимера, когда тот находится в вязко-текучем состоянии, то:

- а) не происходит образования сплошной пленки;
  - б) коэффициент конденсации возрастает;
- реализуется последовательный слоевой рост.

26. Перед нанесением металлизации полимеры выдерживают 2-3 часа при  $T = 80 - 100$  °С. Это необходимо для:

- а) улучшения адгезии;
- б) удаления адсорбированной влаги и обезгаживания;
- в) повышения электропроводности.

27. Для повышения работоспособности режущего инструмента используют метод:

- а) вакуумной металлизации полимеров;
- б) распыление в несамостоятельном газовом разряде;
- в) конденсации с ионной бомбардировкой.

28. Для получения углеродных пленок в промышленных масштабах применяют метод:

- а) лазерное испарение;
- б) источника плазмы импульсного катодно-дугового разряда;
- в) химический из газовой фазы.

29. При воздействии на поверхность заряженных частиц с энергией  $> 8\text{кэВ}$  наиболее вероятным является процесс:

- а) термическая активация;
- б) десорбция;
- в) дефектообразование;
- г) распыление;
- д) имплантация.

30. Ионная имплантация приводит к:

- а) формированию перколяционной сетки;
- б) высокой твердости и износостойкости покрытия;
- в) повышению класса чистоты поверхности )

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Классификация покрытий и их основные параметры. Методы нанесения покрытий.
2. Закономерности образования и роста покрытий, формируемых из газовой фазы.
3. Физические основы нанесения вакуумных покрытий. Классификация методов осаждения вакуумных покрытий
4. Испарение атомов металла. Получение покрытий резистивным испарением
5. Электронно-лучевое нанесение вакуумных покрытий
6. Лазерное нанесение покрытий. Электродуговое нанесение покрытий
7. Физические основы нанесения покрытий методом ионного распыления. Катодное распыление
8. Магнетронное распыление. Высокочастотное распыление. Получение покрытий распылением в несамостоятельном газовом разряде
9. Методы контроля параметров осажденных покрытий
10. Особенности технологии вакуумной металлизации полимерных материалов

11. Реактивные методы нанесения покрытий. Получение покрытий конденсацией с ионной бомбардировкой (методом КИБ).
12. Технология нанесения углеродных алмазоподобных покрытий
13. Ионная имплантация
  
14. Способы подготовки поверхности деталей перед покрытием и применяемое оборудование.
15. Общие сведения о технологическом процессе нанесения гальванических покрытий. Оборудование гальванических цехов.
16. Защитно-декоративные медные, никелевые, хромовые и железные покрытия.
17. Защитные цинковые, кадмиевые, оловянные, свинцовые покрытия.
18. Виды гальванических покрытий для увеличения износостойкости деталей (пористое хромирование).
19. Электроосаждение сплавов.
20. Покрытие драгоценными металлами (серебрение, золочение, платинирование, палладирование, родирование).
21. Оксидирование и фосфатирование черных металлов.
22. Методы нанесения покрытий на алюминий и его сплавы.
23. Контроль качества гальванических покрытий.
  
24. Методы модифицирования поверхности (механическая, термическая и химико-термическая обработка)
25. Адгезия покрытий. Механические методы нанесения покрытий. Химическое осаждение покрытий
26. Наплавка. Газотермические и газодинамические напыленные покрытия. Формирование покрытий методом СВС
27. Высокоэнергетические технологии обработки поверхности
28. Комбинированные методы обработки поверхности

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для экзамена**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)*

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Закономерности образования и роста покрытий, формируемых из газовой фазы. Стадии и механизмы роста покрытий при их осаждении из газового потока.	ДПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, ....
2	Физические основы нанесения вакуумных покрытий	ДПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, ....
3	Физические основы нанесения покрытий методом распыления	ОПК-1 ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, ....

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Введение в нанотехнологию [Текст] : учебник : рекомендовано УМО. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2017 (Киров : ОАО "Первая Образцовая тип.", фил. "Дом печати - Вятка", 2012). - 457 с. : ил. - ISBN 978-5-8114-1318-8 : 1650-44.

2. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии : Учебное пособие / под общ. ред. Л. Н. Патрекеева. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 431 с. : ил. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0346-6 : 395-00.

3. Янченко Л.И. Методические указания к практическим работам и семинарским занятиям по дисциплине «Технология нанесения покрытий» для



студентов направления 16.04.01 «Техническая физика» (программа магистерской подготовки «Прикладная физика твердого тела») очной формы обучения Эл. ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет Воронеж, 2018. № 26-2018.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

Автоматизированный измерительный комплекс сбора и предварительной обработки экспериментальных данных.

Графическая обработка экспериментальных данных Origin 8.0.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Учебно-научная лаборатория «Нанотехнологии и наноматериалы».
3. Учебно-научная лаборатория «Технология материалов электронной техники».
4. Учебно-научная лаборатория «Физических методов исследования».

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения семинаров и практикума

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Технология нанесения покрытий» проводятся лекционные и практические занятия, выполняются самостоятельные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета оптимальных параметров технологий нанесения покрытий. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Выполнять этапы самостоятельной работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой

тестовых заданий, защитой тем самостоятельной работы на семинарах.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.