

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

***Б.1.3.12.2. «Теоретические основы формирования покрытий  
на металлах и сплавах»***

*по направлению подготовки*

*22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»*

*Профиль – «Материаловедение и технология новых материалов»*

Форма обучения – очная

Курс – 4

Семестр – 7

Зачетных единиц – 6

Часов в неделю – 5

Всего часов – 216

в том числе:

Лекции – 36

Коллоквиумы – нет

Практические занятия – 54

Лабораторные занятия – нет

СРС – 126

Аудиторные занятия – 54

Зачет – нет

Экзамен – 7 семестр

Курсовая работа – 7 семестр

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель преподавания дисциплины:** формирование у студентов системы знаний по обоснованию и реализации ресурсосберегающих решений при выборе конструкционных материалов и защите их от коррозии во всех сферах природной и производственной деятельности.

**Задачи изучения дисциплины:** дать понятия об основных видах коррозии и влиянии внешних и внутренних факторов на скорость коррозии, об основных методах формирования износостойких и коррозионностойких покрытий; сформировать у студента представления о способах защиты от коррозии; научить выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов; применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения в условиях различных внешних воздействий

В значительной мере усвоение курса **Б.1.3.12.2 «Теоретические основы формирования покрытий на металлах и сплавах»** базируется на знаниях, полученных из курсов физики, высшей математики, материаловедения, электроники и электротехники.

Перечень дисциплин, знание которых необходимо студентами для усвоения данной дисциплины: физика, высшая математика, материаловедение, электротехника, химия.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

При изучении этой дисциплины студент должен применять знания, полученные им при изучении следующих дисциплин: Б.1.1.7 «Неорганическая и органическая химия», Б.1.1.8 «Физическая химия», Б.1.1.6 «Физика».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-6, ПК-9.

**ПК-6 – способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями**

Знает: основные типы современных представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями, основные процессы производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.

Умеет: применять знания о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями, применять знания об обработке покрытий,

материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.

Владеет: способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.

**ПК – 9 – готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами**

Знает: основные процессы производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.

Умеет: применять знания об обработке покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.

Владеет: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо-ду-ля	№ Неде-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабора-торные	Прак-тичес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
1		1	Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий. Понятие коррозии. Классификация коррозионных процессов.	30	4	-	-	10	16
		2	Электрохимическая коррозия.	26	4	-	-	10	12
		3	Показатели электрохимической коррозии материалов. Влияние различных	26	4	-	-	6	16

			факторов на скорость коррозии.						
		4	Вакуумное осаждение покрытий	26	4	-	-	6	16
		5	Виды локальной коррозии	28	6	-	-	6	16
2		6	Химическая коррозия. Химический анализ металлов и сплавов	28	6	-	-	6	16
		7	Упрочняющие, коррозионностойкие и износостойкие покрытия (Ионное азотирование)	28	4	-	-	6	18
		8	Газотермическое напыление и наплавка.	26	4	-	-	6	16
<b>Всего</b>				<b>218</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>126</b>

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	4	1	Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий. Понятие коррозии. Социальные, экономические и экологические аспекты борьбы с коррозией. Классификация коррозионных процессов.	1-4
2	4	1-5	Антикоррозионные покрытия / защитные покрытия от коррозии и питтинга. Электрохимическая коррозия. Возникновение электродного потенциала. Строение двойного электрического слоя. Термодинамика коррозионных электрохимических процессов. Коррозионные гальванические элементы и электродные реакции. Диаграмма состояния металл – вода. Механизм растворения металлов. Поляризация электродных процессов. Анодный процесс электрохимической коррозии и пассивность металлов. Катодный процесс электрохимической коррозии металлов.	1-4
3	4	5-7	Показатели электрохимической коррозии металлов. Влияние различных факторов на скорость коррозии. Термодинамика и ЭДС коррозионного процесса. Расчет скорости коррозионного процесса. Внутренние и внешние факторы коррозии. Влияние конструктивных	1-4

			особенностей изделий на коррозионный процесс.	
4	4	7-8	Наноструктурные покрытия и материалы для получения водорода электролизом водных растворов щелочей (катализ водорода)	1-4
5	6	8-9	Износостойкие и коррозионностойкие минеральные покрытия основаны на применении твердосмазочных материалов природного происхождения.	1-4
6	6	9-11	Технология нанесения минерального покрытия	1-4
7	4	11-17	Методы защиты изделий от коррозии. Классификация методов. Коррозионностойкие и жаростойкие конструкционные материалы. Металлические защитные покрытия. Неметаллические защитные покрытия. Защита металлов от коррозии уменьшением агрессивности коррозионной среды. Электрохимическая защита.	5-6
8	4	17-18	Нанесение функциональных покрытий. Антифрикционные покрытия. Покрытия на основе твердого сплава.	5-10

## 6. Содержание коллоквиумов

Учебным планом коллоквиумы не предусмотрены

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Особенности и свойства основных видов электрохимической коррозии, химической коррозии	1-4
2	2	2	Износостойкие и коррозионностойкие покрытия для нефтегазового оборудования	1-4
2	2	3	Механизм растворения металлов. Основные факторы, влияющие на этот механизм.	1-4
3	2	4	Способы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий	5
3	2	5	Электродные потенциалы. Потенциал Гиббса. Расчет равновесных электродных потенциалов.	1-4
3	2	6	Основные поляризационные диаграммы коррозии.	1-4
3	2	7	Расчет массового показателя коррозии. Расчет глубинного показателя коррозии. Расчет	1-4

			показателя неравномерности коррозии.	
3	2	8	Объемный показатель коррозии. Расчет объемного показателя коррозии. Перерасчет объемного показателя коррозии в весовой показатель коррозии.	1-4
3	2	9	Уравнение Тафеля. Расчет скорости коррозии в кислых и нейтральных средах	5, 6
6	2	10	Газовая коррозия. Показатели коррозии.	1-4
7	2	11	Характеристики коррозионной стойкости металлов	1-4
7	2	12	Коррозионно-стойкие сплавы на основе железа	1-4
7	2	13	Коррозионная стойкость медных сплавов	
7	2	14	Коррозионная стойкость алюминиевых сплавов	1-4
7	2	15	Неметаллические конструкционные материалы. Процессы старения	1-4
7	2	16	Гальванические покрытия	5-7
7	2	17	Термодиффузионные покрытия. Термодиффузионное цинкование. Оборудование для цинкования	5-7
7	2	18	Оксидные защитные пленки. Паротермическое оксидирование.	5-6
7	2	19	Фосфатные защитные пленки. Технология и оборудования фосфатирования.	5-7
7	2	20	Стеклоэмалевые покрытия. Технология и оборудования для их получения	5-7
7	2	21	Порошковые полимерные покрытия. Состав свойства, области применения.	1-5
7	2	22	Ингибиторы коррозии. Состав, свойства, области применения	1-5
7	2	23	Катодная и анодная защита внешним током	1-5
7	2	24	Электродренажная защита. Расчет основных показателей.	1-5
7	2	25	Протекторная защита	1-5
8	2	26	Методы коррозионных испытаний	1-2
8	2	27	Критерии оценки коррозионной эффективности различных методов защитных изделий	1-3

## **8. Перечень лабораторных работ** *Учебным планом не предусмотрены*

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
	20	Износостойкие и коррозионностойкие покрытия для нефтегазового оборудования	1,2,5
	20	Гальванические покрытия	4-7
	20	Диффузионные покрытия	3,4,9
2	20	Газотермические покрытия	5,7
	20	Перспективные материалы для многофункциональных вакуумных покрытий	7
	20	Механизм защитного покрытия и дефекты лакокрасочных покрытий	5,7
	6	Способы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий	3,4

## 9. Расчетно-графическая работа

*Учебным планом не предусмотрена*

## 10. Курсовая работа

1. Твердые износостойкие наноструктурные покрытия
2. Методы нанесения покрытий, химические (CVD) и физические (PVD) методы осаждения
3. Эмпирическое уравнение Холла-Петча. Методы анализа и аттестации покрытий.
4. Технологические особенности газотермических методов напыления
5. Разработка технологического процесса изготовления детали методом порошковой металлургии
6. Повышение работоспособности и качества поверхности инструментальных материалов электрофизическими покрытиями и комбинированной обработкой
7. Обработка деталей и узлов из композиционных материалов
8. Исследование и разработка технологических процессов сборки конструкций из композиционных материалов
9. Исследование процессов и разработка силовых элементов технологических устройств на основе материалов с эффектом памяти формы
10. DLC покрытия: алмазоподобные самосмазывающиеся антифрикционные покрытия
11. Износостойкие покрытия металлов и твердых сплавов
12. Износостойкие покрытия для металлорежущего инструмента
13. Алмазно-кластерное покрытие. Композиционные хром-алмазные износостойкие покрытия с применением наноалмазов
14. Износостойкие нанопокрyтия

## 15. Нанокompозитные износостойкие минеральные покрытия

### 12. Курсовой проект

*Учебным планом не предусмотрен*

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Фонд оценочных средств включает:

- экзаменационные билеты;
- экзаменационные вопросы;
- тестовый комплекс;
- варианты домашних заданий.

Оценка качества освоения программы включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию (по модулям), итоговую аттестацию.

Студентам предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса.

Сформированность компетенции ПК-6 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий металлов и сплавов	Знает: основные типы современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями, основные процессы производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен
		Умеет: применять знания о влиянии микро- и нано-структуры на свойства	Практические занятия	Устные опросы, тестирование



	материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями, применять знания об обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами		
	Владеет: способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами	Практические занятия	Устные опросы, тестирование

Б.1.3.11.2 «Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий металлов и сплавов»

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знает: основные типы современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов</p> <p>Умеет: применять знания о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов</p> <p>Владеет: способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знает: основные типы современные представления о влиянии нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Умеет: применять знания о влиянии нано-структуры на свойства материалов, их</p>

	<p>взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Владеет: способностью использовать на практике современные представления о влиянии нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p>
Высокий (отлично)	<p>Знает: основные типы современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Умеет: применять знания о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p>Владеет: способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p>

Сформированность компетенции ПК-9 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий металлов и сплавов	Знает: основные процессы производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен
Умеет: применять знания об обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическим процессами		Практические занятия	Устные опросы, тестирование	
Владеет готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий,		Практические занятия	Устные опросы, тестирование	

		материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами		
--	--	--	--	--

**Б.1.3.11.2 «Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий металлов и сплавов»**

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знает: основные процессы обработки покрытий и систем управления технологическими процессами</p> <p>Умеет: применять знания об обработке, материалов</p> <p>Владеет: готовностью участвовать в разработке технологических процессов обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знает: основные процессы производства материалов и систем управления технологическими процессами</p> <p>Умеет: применять знания об обработке материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p> <p>Владеет: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p>
Высокий (отлично)	<p>Знает: основные процессы производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p> <p>Умеет: применять знания об обработке покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p> <p>Владеет: готовностью участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами</p>

**Вопросы для зачета**

1. Понятие коррозии
2. Классификация коррозии
3. Типы коррозионных разрушений
4. Химическая коррозия, общие характеристики. Механизм
5. Защитные свойства окисных пленок

6. Газовая коррозия
7. Методы нанесения металлических покрытий. Классификация
8. Коррозионностойкие и жаростойкие конструкционные материалы.
9. Металлические защитные покрытия. Неметаллические защитные покрытия.
10. Износостойкие и коррозионностойкие минеральные покрытия основаны на применении твердосмазочных материалов природного происхождения.
11. Современные методы формирования износостойких и коррозионностойких покрытий
12. Стеклоэмалевые покрытия
13. Полимерные покрытия
14. Защитное действие, оксидирование
15. Защитное действие пленок, пассивирование
16. Защитное действие пленок, фосфатирование
17. Защитное действие пленок, анодирование
18. Методы нанесения металлических покрытий. Классификация
19. Гальванические покрытия
20. Погружение металла в расплав
21. Термодиффузионные покрытия

### **Вопросы для экзамена**

*Учебным планом не предусмотрены*

### **14. Образовательные технологии**

В учебном процессе используются традиционные технологии - объяснительно-иллюстративная и технология проблемного обучения. Формирование компетенции в данной области знаний происходит на лекционных занятиях. Изученный лекционный материал сопровождается занятием в лаборатории, на котором обучающиеся проводят апробацию знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельной.

### **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

#### **СНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Наумов, С.В. Материаловедение. Защита от коррозии: учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс] : Учебно-методические пособия / С.В. Наумов, А.Я. Самуилов. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2012. — 84 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/73297> — Загл. с экрана.

2. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов : учеб. пособие / А. М. Адашкин, В. М. Зуев. - 2-е изд. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. - 336 с. Всего экземпляров:5

3. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн ; пер. с англ.: К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под ред. В. П. Зломанова = Physical Foundations of Materials Science / G.Gottstein. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 400 с. Экземпляры всего: 10.

4. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ М.И. Жарский [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 303 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20220>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Электронный ресурс] / Солнцев Ю.П., Пирайнен В.Ю., Вологжанина С.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 784с.— Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082939.html>

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Пожидаева С.П. Материаловедение [Текст] : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования, обуч. по напр. подг. "Педагогическое образование" (профиль "технология") / С. П. Пожидаева. - М. : ИЦ "Академия", 2013. - 352 с. Всего экземпляров: 5.

8. Шубина Н.Б. Материаловедение: Учебное пособие. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Н.Б. Шубина, О.В. Белянкина. — Электрон. дан. — М. : Горная книга, 2012. — 162 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66460> — Загл. с экрана.

9. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов : учеб. пособие / А. М. Адаскин, В. М. Зуев. - 2-е изд. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. - 336 с. Всего экземпляров:5

10. Солнцев Ю.П. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2014.— 784 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22533>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

#### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

11. Материаловедение [Текст] : науч.-техн. журн. - М. : ООО "Наука и технологии". (2009-2012) - ISSN 1684-579X.

12. Механика композиционных материалов и конструкций : рАН. - М. : ИПРИМ. (2010-2015). ISSN 1029-6670.

13. Перспективные материалы : рАН. - М. : ООО "Интерконтакт Наука". (2010-2015). ISSN 1028-978X.

## **16. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещение для лекционных занятий, оборудованное основными средствами для проведения занятий (экран, персональный компьютер, проектор), снабженное необходимым количеством посадочных мест (один стол на двух обучающихся, стулья).

Самостоятельная работа студентов проводится в специализированном компьютерном классе с возможностью выхода в локальную сеть и глобальную Интернет сеть, с доступом в электронно-библиотечную систему, электронную библиотеку вуза и электронную информационно-образовательную среду.

Практические работы проводятся в социализированных учебных лабораториях с применением следующего оборудования и образцов:

- Анализатор изображения микроструктур АГПМ-6М
- Атомно-силовой микроскоп СММ-2000
- Металлографический микроскоп МИМ7
- Образцы сталей и чугунов
- Образцы твердых сплавов и порошковых материалов

В ходе практических работ применяются наглядные плакаты и иллюстративный материал.