

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



Проректор по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 29 » 08 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении»

Направление подготовки: 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль/программа подготовки: Инженерные нанотехнологии в машиностроении

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРП, час	СР, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
5	6, 216	18	18	18	18	117	экзамен (27 часов)
Итого	6, 216	18	18	18	18	117	экзамен (27 часов)

Владимир, 20 19

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

Код цели	Формулировка цели
Ц2	Подготовка выпускников к проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности, включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий.

Целью освоения дисциплины «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» является изучение теоретических, технологических и экспериментальных основ получения наноструктурированных покрытий в машиностроении. Это подразумевает освоение и решения ряда взаимосвязанных теоретических, научно-исследовательских и практических задач.

Задачи изучения дисциплины:

- получение теоретических навыков и компетенций в области существующих и перспективных технологий получения наноструктурированных и нанопокровтий;
- физико-химических основ получения различных видов покрытий;
- основ математического моделирования данных процессов, анализе новых областей использования покрытий в машиностроении;
- диагностике и испытаниях наноматериалов и наноструктурированных покрытий в машиностроении;
- практических навыков в области получения покрытий.

Виды учебной работы: лекции, практические занятия, лабораторные работы, СРП, СР. Изучение дисциплины заканчивается экзаменом в 5-м семестре.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» изучается в 5 семестре подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» и относится к части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений по данному направлению Б1.В.09.

Пререквизиты дисциплины: Материаловедение наноматериалов и наносистем., Физико-химические основы нанотехнологий.

Наименование обеспечивающих (предыдущих) дисциплин и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Разделы данной дисциплины, которые необходимы для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин		
	5 семестр		
	1	2	3
Предшествующие дисциплины			
1. Материаловедение наноматериалов и наносистем	+		
2. Физико-химические основы нанотехнологий	+	+	+
Последующие дисциплины			
1. Моделирование микро- и наносистем	+	+	+
2. Нанометрология		+	+

3. Оборудование нанотехнологического производства		+	+
4. Выпускная квалификационная работа	+	+	+

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

Р2, Р5 (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП:

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
ПК-1	Частичный	<p><i>знать:</i> типовые методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов</p> <p><i>уметь:</i> проводить исследования структуры и свойств наноматериалов и изделий из них в соответствии с технической и эксплуатационной документацией</p> <p><i>владеть:</i> навыками комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции нанопромышленности</p>
ПСК-2	Частичный	<p><i>знать:</i> типовые методы производства изделий с наноструктурированным керамическим покрытием</p> <p><i>уметь:</i> планировать и проводить мероприятия по разработке изделий с наноструктурированным керамическим покрытием в части, касающейся технологического процесса</p> <p><i>владеть:</i> навыками выполнения технологических операций процесса производства изделий с наноструктурированным керамическим покрытием и обслуживания технологического оборудования</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении»

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРП	СР		
1	Раздел 1. Введение в курс. Классификация наноструктурированных покрытий и материалов.	5	1-6	6	6	6	6	39	6/50%	Рейтинг-контроль 1
2	Раздел. 2 Технологии формирования слоёв нанометровой толщины в покрытиях и объёмных материалах.	5	7-10	6	6	6	6	39	6/50%	Рейтинг-контроль 2
3	Раздел 3. Разработка технологических процессов (ТП) и исследование покрытий и объёмных материалов для машиностроительных применений.	5	11-18	6	6	6	6	39	6/50%	Рейтинг-контроль 3
Наличие в дисциплине КР										
Итого за 5 семестр:				18	18	18	18	117	18/50%	Экзамен (27ч)
Итого по дисциплине:				18	18	18	18	117	18/50%	Экзамен (27ч)

Содержание лекционных занятий

Раздел 1. Введение в курс. Классификация наноструктурированных покрытий и материалов.

Тема 1. Общая характеристика покрытий и материалов в машиностроении и способов их получения.

Тема 2. Методы получения объёмных наноматериалов.

Тема 3. Общие требования к ТП нанесения наноструктурированных покрытий.

Раздел 2. Технологии формирования слоев нанометровой толщины в покрытиях и объёмных материалах.

Тема 1. Физические основы эпитаксии нанометровых слоев. Принципы работы установок для получения нанометровых слоев в вакууме.

Тема 2. Физические основы получения нанометровой структуры в объёмных материалах методами ИПД.

Тема 3. Устройство и составные элементы установок для получения нанометровых структур.

Раздел 3. Разработка технологических процессов (ТП) и исследование покрытий и объёмных материалов для машиностроительных применений.

Тема 1. Разработка вакуумных ТП получения 2D/3D PVD-покрытий.

Тема 2. Разработка ТП получения объемных наноструктурированных материалов. Основные технологические параметры ТП.

Тема 3. Методы исследования наноструктурированных материалов и покрытий для машиностроительных применений.

Содержание лабораторных работ

Раздел 1. Классификация методов получения покрытий и способов подготовки поверхности.

Тема 1. Покрытия в машиностроении. Общая характеристика покрытий и способов их нанесения.

Тема 2. Методы подготовки поверхности для нанесения покрытий.

Тема 3. Методы снятия покрытий.

Раздел 2. Физико-химические основы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении.

Тема 1. Строение и свойства поверхности. Неоднородности на поверхности. Их роль в формировании покрытий.

Тема 2. Дефекты поверхности. Их роль в формировании покрытий.

Тема 3. Химическая неоднородность поверхности.

Тема 4. Поверхностная энергия кристаллов и ее роль при нанесении покрытий.

Раздел 3. Технологические процессы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении.

Тема 1. Процессы, протекающие при взаимодействии поверхности с внешней средой. Основные понятия процессов адсорбации.

Тема 3. Физические методы нанесения покрытий.

Тема 4. Химические методы нанесения покрытий.

Содержание практических занятий

Раздел 1. Классификация методов получения покрытий и способов подготовки поверхности.

Тема 1. Классификация и условные обозначения покрытий на чертежах и технической литературе.

Содержание занятий: Ознакомление с классификацией наноструктурированных покрытий и требованиями по их обозначению в конструкторской документации.

Тема 2. Оборудование CSM для проверки физико-механических и трибологических свойств покрытий.

Содержание занятий: Изучение метрологической базы для исследования свойств покрытий

Раздел 2. Физико-химические основы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении.

Тема 1. Обеспечение наноинженерии поверхности при нанесении различных покрытий.

Содержание занятий: Изучение требований к поверхностным слоям изделий. Методы достижения установленных требований.

Раздел 3. Технологические процессы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении.

Тема 1. Переналадка оборудования для нанесения покрытия с различных режимов (с обучающего режима на активный, с режима 3D НК на режим 2D НК и обратно, с рабочего режима на диагностический и др.).

Содержание занятий: Получение практических навыков по работе с оборудованием для нанесения наноструктурированных покрытий.

Тематический план дисциплины

Раздел (тема) дисциплины	Аудиторные занятия				Самостоятельная работа студентов							
	Лекции		Лабораторные работы		Практические занятия		Изучение теории		Выполнение контрольных заданий			
	Темы	час.	Темы	час.	Темы	час.	Темы	СРП, час.	Задания	СРП, час.	СР, час.	
Введение в курс. Классификация наноструктурированных покрытий и материалов	Общая характеристика покрытий и материалов в машиностроении и способы их получения.	2	Покрытия в машиностроении. Общая характеристика покрытий и способов их нанесения.	2	Классификация и условные обозначения покрытий на чертежах и технической литературе.	3	-Виды покрытий. Материалы покрытий.	1	Составить таблицу по маркировке применяемых материалов	1	6	
	Методы получения объемных наноматериалов.	2	Методы подготовки поверхности для нанесения покрытий.	2	Оборудование CSM для проверки физико-механических и трибологических свойств покрытий.	3	-Схемы процессов нанесения металлических покрытий	1	Определить типовые операции для подготовки поверхности перед нанесением покрытий	1	7	
	Общие требования к ТП нанесения наноструктурированных покрытий.	2	Методы снятия покрытий.	2				-Особенности нанесения наноструктурированных покрытий	1	Найти оборудование, используемое для снятия покрытий	1	6
			Строение и свойства поверхности. Неоднородности на поверхности. Их роль в формировании покрытий.	1	Обеспечение нанотехнологии при нанесении различных покрытий.	6	-Атомные конфигурации поверхности.	1	Описать влияние дефектов поверхностного слоя на сцепление покрытия с основным материалом	1	7	6
Технология формирования слоев нанометровой толщины в покрытиях и объемных материалах	Физические основы получения нанометровых слоев в вакууме.	2	Химическая неоднородность поверхности.	2			-Напряженно-деформированное состояние материала при различных методах ИПД.	1	Описать изменение структуры материала при ИПД.	1	6	6

Разработка технологических процессов (ТП) и исследование покрытий и объемных материалов для машиностроительных применений	Устройство и составные элементы установок для получения нанометровых структур.	2	Поверхностная энергия кристаллов и ее роль при нанесении покрытий.	2	-Схемы и принципы работы агрегатов для получения нанометровых структур.	1	6	1	7	Составить таблицу оборудования, применяемого при нанесении наноструктурированных покрытий	1	7	
	Разработка вакуумных ТП получения 2D/3D PVD-покрытий.	2	Процессы, протекающие при взаимодействии поверхности с внешней средой. Основные понятия процесса адсорбции.	2	6	-Общие подходы и требования к ТП получения наноструктурированных покрытий.	1	7	1	6	Этапы подготовки поверхности перед нанесением покрытий	1	6
		Разработка ТП получения объемных наноструктурированных материалов. Основные технологические параметры ТП.	2	Физические методы нанесения покрытий.									
	Методы исследования наноструктурированных материалов и покрытий для машиностроительных применений.	2	Химические методы нанесения покрытий.	2	Переналадка оборудования для нанесения покрытия с различных режимов (с обучающего режима на активный, с режима 3D НК на режим 2D НК и обратно, с рабочего режима на диагностический и др.). Содержание занятий:	1	Оценка качества получаемых наноструктурированных материалов и покрытий.	1	7	1	Подбор оборудования для исследования свойств наноструктурированных покрытий	1	7

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема № 1.1.; 1.2.; 3.3.);*
- *Групповая дискуссия (тема № 1.3.; 2.1.; 2.2.);*
- *Разбор конкретных ситуаций (тема № 2.3.; 3.1.; 3.2).*

Методы активного и практического (экспериментального) обучения

Методы активного обучения применяются с целью вовлечения студентов непосредственно в процесс размышления и решения задач. В активном обучении меньше внимания уделяется пассивной передаче информации и больше – практике управления, применения, анализа и оценки идей. Понимание повышает мотивацию студентов к выполнению задания и формирует навык обучения в течение всей жизни.

Активное обучение трансформируется в практическое (экспериментальное), при котором студенты пробуют себя в смоделированных профессиональных ситуациях, например, выполняя проекты, имитируя или анализируя реальные случаи из инженерной практики.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ; УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3).

Вопросы для проведения рейтинг-контроля №1

1. Покрытия в машиностроении. Общая характеристика покрытий и способов их нанесения.
2. Требования, предъявляемые к поверхности. Классификация процессов нанесения металлических покрытий.
3. Основные методы нанесения покрытий. Схемы процессов и основные параметры нанесения металлических покрытий (цинковых, алюминиевых, оловянных, хромсодержащих, пакированных).
4. Основные и общие параметры технологических процессов и их влияние на эффективность процесса. Способы и технологические особенности отдельных видов получения металлических покрытий.
5. Функциональные схемы установок получения полимерных покрытий.
6. Общие требования, предъявляемые к установкам.
7. Обзор установок для различных видов покрытий.
8. Общие сведения о подготовке поверхности. Механические и химические способы обработки.
9. Принципы работы ультразвуковых, песко-и гидроструйных установок.
10. Схемы шлифования и полирования. Обезжиривание и травление.
11. Особенности получения объемных материалов с наноструктурированными слоями с помощью методов интенсивной пластической деформации.
12. Особенности получения объемных материалов с наноструктурированными слоями с помощью методов литья.

Вопросы для проведения рейтинг-контроля №2

1. Физические основы эпитаксии нанометровых слоев.
2. Принципы работы установок для получения нанометровых слоев в вакууме.
3. Основные параметры поверхности. Сведения о топологии поверхностей.
4. Виды неоднородностей и дефектов на поверхности. Их роль и механизм формирования покрытий.
5. Изменение строения приповерхностных слоев при образовании поверхности.
6. Атомные конфигурации поверхности возможные варианты расположения присоединяющихся атомов при формировании слоя покрытия.
7. Химическая неоднородность поверхности. Основы понятия химической неоднородности. Химическая активность вещества.
8. Физические основы получения нанометровой структуры в объемных материалах методами ИПД.
9. Напряженно-деформированное состояние материала при различных методах ИПД. Изменение структуры материала при ИПД.
10. Устройство и составные элементы установок для получения нанометровых структур.
11. Схемы и принципы работы подобных агрегатов для получения нанометровых структур.

Вопросы для проведения рейтинг-контроля №3

1. Общие подходы и требования к ТП получения наноструктурированных покрытий.
2. Механические и химические способы снятия покрытий.
3. Принципы работы установок для снятия покрытий.
4. Разработка вакуумных ТП получения 2D/3D PVD-покрытий.
5. Основные технологические параметры ТП получения покрытий. Варьируемые и постоянные параметры ТП.
6. Разработка ТП получения объемных наноструктурированных материалов Основные технологические параметры ТП. Варьируемые и постоянные параметры ТП.
7. Методы исследования наноструктурированных материалов и покрытий для машиностроительных применений
8. Оценка качества получаемых наноструктурированных материалов и покрытий.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины в форме экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Покрытия в машиностроении. Общая характеристика покрытий и способов их нанесения.
2. Требования, предъявляемые к поверхности. Классификация процессов нанесения металлических покрытий.
3. Основные методы нанесения покрытий. Схемы процессов и основные параметры нанесения металлических покрытий (цинковых, алюминиевых, оловянных, хромсодержащих, пакировавших).
4. Основные и общие параметры технологических процессов и их влияние на эффективность процесса. Способы и технологические особенности отдельных видов получения металлических покрытий.
5. Функциональные схемы установок получения полимерных покрытий.
6. Общие требования, предъявляемые к установкам.
7. Обзор установок для различных видов покрытий.
8. Общие сведения о подготовке поверхности. Механические и химические способы обработки.
9. Принципы работы ультразвуковых, песко-и гидроструйных установок.

10. Схемы шлифования и полирования. Обезжиривание и травление.
11. Особенности получения объемных материалов с наноструктурированными слоями с помощью методов интенсивной пластической деформации.
12. Особенности получения объемных материалов с наноструктурированными слоями с помощью методов литья.
12. Физические основы эпитаксии нанометровых слоев.
13. Принципы работы установок для получения нанометровых слоев в вакууме.
14. Основные параметры поверхности. Сведения о топологии поверхностей.
15. Виды неоднородностей и дефектов на поверхности. Их роль и механизм формирования покрытий.
16. Изменение строения приповерхностных слоев при образовании поверхности.
17. Атомные конфигурации поверхности возможные варианты расположения присоединяющихся атомов при формировании слоя покрытия.
18. Химическая неоднородность поверхности. Основы понятия химической неоднородности. Химическая активность вещества.
19. Физические основы получения нанометровой структуры в объемных материалах методами ИПД.
20. Напряженно-деформированное состояние материала при различных методах ИПД. Изменение структуры материала при ИПД.
21. Устройство и составные элементы установок для получения нанометровых структур.
22. Схемы и принципы работы подобных агрегатов для получения нанометровых структур.
23. Общие подходы и требования к ТП получения наноструктурированных покрытий.
24. Механические и химические способы снятия покрытий.
25. Принципы работы установок для снятия покрытий.
26. Разработка вакуумных ТП получения 2D/3D PVD-покрытий.
27. Основные технологические параметры ТП получения покрытий. Варьируемые и постоянные параметры ТП.
28. Разработка ТП получения объемных наноструктурированных материалов Основные технологические параметры ТП. Варьируемые и постоянные параметры ТП.
29. Методы исследования наноструктурированных материалов и покрытий для машиностроительных применений
30. Оценка качества получаемых наноструктурированных материалов и покрытий.

Самостоятельная работа

- Раздел 1.** Введение в курс. Классификация наноструктурированных покрытий и материалов.
- Тема 1. Классификация нанотехнологий и наноразмерных объектов.
- Тема 2. Состояние и перспективы применения нанотехнологий для машиностроения.
- Тема 3. Фуллерены.
- Тема 4. Нановолокна и нанотрубки.
- Тема 5. Перспективы использования графена.
- Тема 6. Нанопокрyтия для режущего инструмента.
- Тема 7. Нанопокрyтия в изделиях машиностроения.
- Тема 8. Объемные наноматериалы в машиностроении.
- Тема 9. Перспективы нанотехнологий в системах записи и хранения информации.
- Тема 10. Типы структур наноматериалов.
- Тема 11. Композитные наноматериалы.
- Раздел 2.** Технологии формирования слоев нанометровой толщины в покрытиях и объемных материалах.
- Тема 1. Обзор электронных микроскопов.
- Тема 2. Просвечивающая электронная микроскопия.
- Тема 3. Растровая сканирующая электронная микроскопия.

- Тема 4. Сканирующая зондовая микроскопия.
 Тема 5. Методы поверхностных наноизмерений.
 Тема 6. Современные устройства атомно-силовой микроскопии.
 Тема 7. Устройства для дифракционного анализа.
 Тема 8. Спектральные методы оценки наноструктур.
 Тема 9. Рентгеновские методы оценки наноструктур.
 Тема 10. Наноиндентирование.

Раздел 3. Разработка технологических процессов (ТП) и исследование покрытий и объемных материалов для машиностроительных применений.

- Тема 1. Размерная нанобработка на станках ЧПУ. Классификация.
 Тема 2. Обзор оборудования для размерной нанобработки.
 Тема 3. Нанолитография.
 Тема 4. Нанопорошки и их использование в машиностроении.
 Тема 5. Основные типы устройств для наноперемещений.
 Тема 6. Наноактуаторы и нанопозиционеры.
 Тема 7. Нанороботы и наноманипуляторы.
 Тема 8. Методы нанесения нанопокровов.
 Тема 9. Получение алмазоподобных наноструктурированных покрытий.
 Тема 10. Наномашины.
 Тема 11. Многофункциональные наноструктурированные пленки.

Учебно-методическое обеспечение СР и СРП

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов приводится в методических рекомендациях по выполнению самостоятельной работы студентов по дисциплине «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении».

7. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение	2016		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html
2. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Старостин В.В. - М.: БИНОМ	2017		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html
3. Методы получения и свойства нанообъектов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА	2017		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976503267.html
4. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе: учеб. пособие для вузов. - М.: Машиностроение, - 156 с., ил. - ISBN 978-5-94275-720-5.	2016		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942757205.html
5 Лепешев, А.А. Плазменное напыление аморфных и	2015		http://znanium.com/bookread2.php?book=492492

нанокристаллических материалов [Электронный ресурс]: монография / А.А. Лепешев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, - 224с. - ISBN 978-5-7638-2803-0.			
Дополнительная литература			
1. Морозов В.В. Нанотехнологии в керамике: монография: в 2 ч. / В.В. Морозов, Э.П. Сысоев; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), — ISBN 978-5-9984-0075-9. Ч. 1: Наночастицы. Ч. 2: Нанопленки, нанопокрyтия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока.— ISBN 978-5-9984-0056-8. ISBN 978-5-9984-0137-4.	2016		<URL: http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3076/1/00687.pdf >. <URL: http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3055/1/00633.pdf >
2. Нанотехнологии и специальные материалы: Учебное пособие для вузов. - СПб.: ХИМИЗДАТ, -336 с.: ил. - ISBN 978-5-93808-177-2.	2015		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html .
3. Витязь, П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс]: учеб. пос. / П.А. Витязь, Н.А. Свидунувич. - Минск: Выш. шк., - 302 с. - ISBN 978-985-06-1783-5.	2017		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html .

7.2. Периодические издания:

- Нанотехнологии: наука и производство: информационно-аналитический журнал. — Москва: Образование плюс.
- Российские нанотехнологии. — Москва: Парк-медиа.
- Нанотехнологии: разработка и применение: научно-технический журнал. — Москва: Сайнс-Пресс.

7.3. Интернет-ресурсы:

Нанотехнологическое Общество России: <http://www.ntsр.info/>
Продвинутые технологии. Разработка: <http://www.nanotech.ru/>
Nanonewsnet.ru: <http://www.nanonewsnet.ru/>
NANO-INFO RU Онлайн-журнал о технологиях: <http://www.rusnanoforum.ru/>
Нанометр Нанотехнологическое Сообщество: <http://www.nanometer.ru/>
РОСНАНО: www.rusnano.com/
Nanobusiness.fi: <http://www.nanobusiness.fi/>

Учебно-методические издания

1. Шинаков И.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Шинаков И.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Шинаков И.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» для студентов

направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Шинаков И.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

3. Шинаков И.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Шинаков И.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

4. Шинаков И.В. Оценочные средства по дисциплине «Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Шинаков И.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения учебного процесса по дисциплине «Методы получения наноструктурированных материалов в машиностроении» предусмотрено использование следующих лабораторий.

1. Лаборатория нанодиагностики и фемтосекундной лазерной техники (ауд. 118-4).

Краткая характеристика помещения:

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), компьютерный класс на 16 посадочных мест; 2 этаж – вспомогательные помещения, кондиционер. Соответствуют нормам СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.4.3.1186-03, ППБ 01-03, СНИП 21-01-97, СНИП 23-05, НПБ 104-03

Оборудование:

- 1) Чистая комната:
- 2) установка фемтосекундная лазерная "упорядоченного наноструктурирования" (РФ):
 - имеет 3 рабочих длины волны, ультрафиолет, зеленый, и инфракрасный луч.
 - 2 участка обработки (100x100 мм; 20x20 мм с возможностью позиционирования с точностью до 2 нм)
 - диаметр пучка около 60 микрон в случае поля 100x100 мм
 - диаметр пучка от 0,5 микрон (зависит от используемого объектива)
 - возможность обработки и диагностики проводящих, диэлектрических, прозрачных, непрозрачных материалов.

3) зондовая лаборатория "Интегра спектра" (РФ)

Уникальная интеграция Сканирующего Зондового Микроскопа с конфокальной микроскопией/спектроскопией люминесценции и комбинационного рассеяния (КР). Благодаря эффекту гигантского усиления КР позволяет проводить КР спектроскопию и получать изображения с разрешением в плоскости до 50 нм.

Система для конфокальной оптической микроскопии представляет собой комбинированную систему, включающую конфокальный сканирующий лазерный спектрометр высокого пространственного разрешения, оптический микроскоп и универсальный сканирующий зондовый микроскоп. Система способна работать в режиме регистрации пространственного, трехмерного распределения спектров люминесценции и комбинационного рассеяния света, а также в различных режимах сканирующей зондовой микроскопии, включая наноиндентацию, наноманипуляцию и нанолитографию.

Система для сканирующей зондовой микроскопии. Одновременно с оптическим наблюдением, ИНТЕГРА Спектра позволяет исследовать объект с помощью арсенала методов сканирующей зондовой микроскопии — АСМ, МСМ, СТМ, сканирующей ближнепольной микроскопии, силовой спектроскопии. Уникальное совмещение оптических и зондовых методов в одном приборе позволяет ставить комплексные эксперименты, в которых информация о распределении оптических свойств образца и его химического состава может быть наложена на распределение его механических, электрических, магнитных и других свойств.

Система для исследования оптических свойств объекта за пределом дифракции (флуоресценция, спектроскопия комбинационного рассеяния). Отличительной чертой Нанолaborатории ИНТЕГРА Спектра является возможность исследовать оптические свойства объектов за пределом дифракционных ограничений. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия и эффекты локального усиления комбинационного рассеяния (TERS — tip enhanced Raman scattering), дают возможность картировать распределение оптических свойств (пропускание, рассеяние, поляризация света и др.), а также осуществлять спектроскопию комбинационного рассеяния с разрешением до 50 нм в плоскости XY.

Особенности

- Острые АСМ зонда и фокус лазерного пучка могут быть спозиционированы друг относительно друга с высокой точностью (необходимо для получения максимального эффекта КР-TERS).
- При использовании оптической схемы "на просвет" высокотемпературный объектив жестко встроен в основание АСМ. Это обеспечивает долговременную стабильность системы, необходимую для работы со слабыми сигналами.
- Часть отраженного излучения используется для построения конфокального лазерного отражения.
- Низкошумящая CCD камера с охлаждением до -70°C (квантовая эффективность до 90%) служит высокочувствительным детектором.
- В качестве альтернативного детектора можно использовать лавинный фотодиод.
- Гибкий выбор поляризационных устройств.
- Все компоненты системы (АСМ, оптические и механические устройства) интегрированы с помощью единого программного обеспечения. большинство ключевых узлов и устройств системы (лазеры, решетки, диафрагмы, поляризаторы и т.д.) можно выбирать и / или настраивать прямо из программы.
- Три разных схемы для работы с TERS.

Применяется для исследования биологических объектов, контроля качества поверхностей оптических деталей, излучающих полупроводниковых структур, характеристик нанооптических и интегрально-оптических элементов, исследования характеристик нанoeлектронных элементов, в частности, спектров квантовых точек.

- Исследование соединительной ткани, ДНК, вирусов.
- Определение характеристик оконечных оптических устройств.
- Спектроскопические измерения.
- Контроль химических реакций.

4) дифрактометр малоуглового рассеяния SAXESess

Предназначен для анализа тонких пленок или жидкостей, может строить кристаллические решетки вещества, определять размер частиц от 10 до 100 нанометров в растворе. SAXSess позволяет исследовать нанометровые структуры от 0.2 нм до 150 нм. SAXSess может работать в режиме линейной коллимации для быстрого сбора данных изотропных образцов и в режиме точечной коллимации для изучения анизотропных (ориентированных) образцов. Две системы могут работать одновременно в режимах линейной и точечной коллимации, используя один рентгеновский источник и одну систему детектирования. Широкий набор держателей образцов позволяют исследовать практически любые типы образцов от очень низких до высоких температур. Система TrueSWAXS™ делает возможным получение информации о наноструктуре и фазовом состоянии образца за одно измерение. Системы детектирования SAXSess не нуждаются в сервисном обслуживании и обеспечивают превосходное разрешение. Быстрый сбор и совершенная обработка экспериментальных данных. Система SAXSess включает в себя специальный пакет программного обеспечения для быстрого сбора и всесторонней обработки данных. Источник рентгеновского излучения используемый в SAXSess имеет следующие особенности: долговременная стабильность работы и минимальную стоимость эксплуатации. Современная многослойная фокусирующая оптика обеспечивает высокоинтенсивный монохроматический рентгеновский пучок. Улучшенная система блока коллимации даёт сформированный первичный рентгеновский пучок и эффективно убирает паразитное рассеяние. Она определяет разрешение системы и гарантирует низкий фон. температура очень точно контролируется в диапазоне от -150 до 300°C. Существует большой выбор держателей под самые разные типы образцов. Полупрозрачный отсекающий первичного пучка позволяет точно определить нулевой угол рассеяния и измерить интенсивность первичного пучка для определения коэффициента пропускания образца можно получать данные о мало- и широкоугловом рассеянии за одно измерение на одном и том же образце. Система SAXSess предлагает две высококлассные системы детектирования, которые можно использовать альтернативно на одном приборе SAXSess без необходимости изменения его настроек или конфигурации:

- Система детектирования чувствительными пластинами обладает широким линейным динамическим диапазоном и покрывает углы рассеяния 2 до 40°.
- Система детектирования CCD даёт возможность проводить автоматизированные измерения SAXS и измерения онлайн процессов во времени.

Мощное и простое в работе программное обеспечение. Вместе с прибором SAXSess поставляется мощный пакет программ для сбора и оценки данных малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS). Оценка данных включает базовую обработку данных (получение средних значений, вычитание фона и т.д.), моделирование, устранение размытий и аппроксимацию.

2. Лаборатория рентгеновской диагностики материалов (ауд. 108-4)

Оборудование:

1) Рентгеновский дифрактометр Bruker D8 ADVANCE

D8 ADVANCE – это самый современный, на сегодняшний день, лабораторный дифрактометр из представленных на рынке. D8 ADVANCE позволяет решать практически весь комплекс существующих задач в области порошковой дифрактометрии. В приборе реализована принципиально новая концепция построения модульных систем DAVINCI.DESIGN, которая существенно упрощает процесс конфигурирования дифрактометра. Переход от геометрии Брегг-Брентано к параллельно-лучевой оптике происходит максимально быстро благодаря новой рентгенооптической TWIN-системе, в которой совмещены традиционные щели и зеркало Гёбеля, переключение между которыми происходит автоматически. Новая рентгеновская TWIST-трубка позволяет осуществлять переключение между точечным и линейным фокусом.

Дифрактометр D8 ADVANCE дает возможность проводить исследования материалов в различных условиях: охладить до температуры 10 К, нагреть до 2000°C, создавать

условия с повышенной влажностью. При анализе в комнатных условиях специальные загрузчики образцов позволяют автоматизировать процесс измерения.

Важной составляющей частью современного дифрактометра является детектор. Решения от Bruker AXS включают в себя полный спектр точечных и позиционно-чувствительных детекторов. В дифрактометре D8 ADVANCE можно использовать энергодисперсионный детектор нового поколения SOL-XE и уже зарекомендовавшие себя в различных дифрактометрах от Bruker AXS динамические сцинтилляционные детекторы и линейные детекторы LynxEye и VANTEC-1.

- Качественный и количественный анализ кристаллических фаз.
- Структурный анализ.
- Определение размеров кристаллитов.
- Анализ структурных изменений кристаллических фаз при изменении температуры, влажности и давления с использованием соответствующих камер.
- Быстрый анализ с применением позиционно-чувствительного детектора.
- Автоматический режим сбора данных и дальнейшая обработка результатов программным пакетом DIFFRAC[®].

2) Рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL ADVANT X Thermo Scientific (USA)

Технические характеристики:

- высокоэффективная рентгеновская трубка 4-го поколения с Rh анодом и тонким торцевым Be окном (0,075 мм);
- максимальная мощность 5 кВт;
- пропорциональный проточный детектор (3000 имп/сек);
- системы вращения проб и программируемых коллиматорных масок;
- диапазон анализируемых концентраций от 0,0001 до 100 %;
- двухкоординатный пробоподатчик на 98 кодированных позиций для проб в кассетах.

Направления использования:

- элементный анализ от Be до U (от ppb до 100%) образцов в виде металлов, прессованного и свободного порошка, стёкол и жидких проб;
- анализ масел, полимеров, цемента, горных пород, стёкол, металлов, руд, огнеупоров, геологических материалов.

3. Лаборатория 2D- и 3D наноструктурированных покрытий (ауд. 119-4).

Краткая характеристика помещения:

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), 2 этаж – учебный класс на 15 посадочных мест (36 кв.м). Соответствуют нормам СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03, СанПиН 2.4.3.1186-03, ППБ 01-03, СнИП 21-01-97, СнИП 23-05, НПБ 104-03.

Оборудование:

1. Установка для нанесения наноструктурированных покрытий UniCoat 600SL+; Производитель – РФ, год выпуска - 2008.

Установка для нанесения покрытий методом PVD с максимальной толщиной многослойного сэндвич-покрытия до 20 мкм на весь диапазон используемого концевой инструмента с системой визуализации, управления и термометрирования технологического процесса в течение всего цикла изготовления. Основные типы покрытий: традиционные покрытия – TiN, TiCN, Ti-C-N; 3D-нанокompозитные покрытия; 2D-нанокompозитные покрытия и пленки (в том числе алмазоподобные)- суперлаттики. Соответствует требованиям ОСТ 107.444.0001.004 ПДИР440310.002ТУ.

Основные технические характеристики: размер мишеней, мм - 492x78, ширина зоны эффективного распыления мишени, мм – 72; габаритные размеры магнетронов, мм -

550x105x60; - возможность работы каждой пары в дуальном режиме; количество магнетронов, шт. – 4; выходная мощность, кВт - 2x12; выходной ток, А - 0.5-20; блок питания магнетронов импульсный с задаваемой частотой 0.1-40 кГц, оснащен системой стабилизации параметров и системой дугогашения; возможность работы блока в дуальном режиме и независимой работы каждого канала; диаметр инструмента, мм - от 2 до 200 мм; размеры вакуумной камеры, мм – 600 x 600 x 600.

2. Стационарная установка для измерения микротвердости HVS 1000.

Производитель – Тайвань. Предназначен для измерения микротвердости в том числе и покрытий.

3. Испытательная система на растяжение термокамерой WDW-100.

Жесткость силовой рамы: 100 кН/мм, Наибольшая предельная нагрузка: 100 кН (10 тс); Тип привода: электромеханический, Точность измерения нагрузки: $\pm 1,0\%$ (по заказу 0,5%), Диапазон измерения нагрузки: 400 Н ~ 100 кН; (0.4%-100% полной шкалы, автоматически переключаемые шкалы), 6 шкал, Разрешение нагрузки: 0,001% FS , Диапазон измерения деформации: 2 – 100%, Точность измерения деформации: $\pm 1,0\%$.

4. Калотестер CSM CAT (Модель CAT-S-AE), Производитель: CSM (Швейцария).

5. Микрокомбитестер CSM МСТ Производитель: CSM (Швейцария).

6. Трибометр CSM (Модель TRB-S-CE-000) Производитель: CSM (Швейцария).

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

9.1. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

9.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ОВЗ

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видео-техникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеомониторов для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9.3. Требования к фонду оценочных средств для лиц с ОВЗ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице 1.

Таблица 1 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные лабораторные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы.

Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;

– в печатной форме.

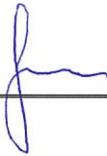
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил  Шчаков У.В.
(ФИО, подпись)

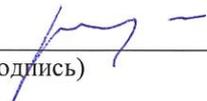
Рецензент
(представитель работодателя) Директор ООО «СПЕЦМЕХАНИКА», к.т.н.

Волков М.Ю.
(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 1 от 29.08.2019 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. 
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

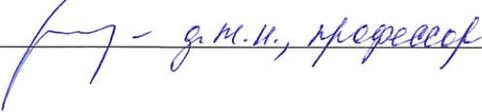
Протокол № 1 от 29.08.2019 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В. 
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 20 / 20 21 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 21.09.2020 года

Заведующий кафедрой  - д.т.н., профессор Морозов В.Ф.

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____