

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 03 » февраля 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ **Нанотехнологии в машиностроении** \_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ **очная** \_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ **магистратура** \_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ **144 (4)** \_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **15.04.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств** \_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Компьютерные технологии подготовки производства** \_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование готовности студентов к производственно-технологической и проектно-конструкторской деятельности с использованием знаний о нанотехнологиях, которые могут быть использованы в машиностроении для получения качественно новых структурированных материалов с достижением высокой эффективности их использования, приобретение знаний, позволяющих самостоятельно принимать решения по выбору наноматериалов и нанотехнологий для конкретных изделий с учетом условий их использования в машиностроении.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование навыков использования нанотехнологии для изготовления определенных машиностроительных изделий с заданными свойствами;
- формирование навыков выбора рациональных наноматериалов для конкретных условий, учета сущности нанотехнологических процессов производства изделий, области их применения;
- формирование навыков применения новых наноматериалов в машиностроении в соответствии с их физико-механическими свойствами.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- нанотехнологии изготовления машиностроительных изделий с заданными свойствами;
- наноматериалы для конкретных условий;
- технологические процессы изготовления машиностроительной продукции из наноматериалов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Использование возможностей компьютерных систем в разработке технологических процессов изготовления деталей на основе наноматериалов.	Знает возможности компьютерных систем в разработке технологических процессов изготовления деталей.	Отчет по практике
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Разработка технологических процессов изготовления деталей на основе наноматериалов с использованием САПР	Умеет использовать компьютерные системы в разработке технологических процессов изготовления деталей	Отчет по практике

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Разработка технологических процессов изготовления деталей с использованием САПР	Владеет компьютерными системами в разработке технологических процессов изготовления деталей.	Отчет по практике
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	Знает технические характеристики и экономические показатели лучших отечественных и зарубежных образцов технологической оснастки и специального инструмента, аналогичных проектируемым	Знает принципы организации и планирования конструкторских работ, методы проектирования, технические характеристики и экономические показатели лучших отечественных и зарубежных образцов технологической оснастки и специального инструмента, аналогичных проектируемым	Отчет по практике
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	Анализ технико-экономических показателей, функциональный анализ конструктивных элементов проектируемой по профилю подразделения технологической оснастки и специального инструмента	Умеет производить анализ технико-экономических показателей, производить функциональный анализ конструктивных элементов проектируемой по профилю подразделения технологической оснастки и специального инструмента, применять методов проектирования технологической оснастки и специального инструмента, включая освоение программных пакетов	Отчет по практике
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Разработка предложений по проведению исследований, реализации экспериментальных работ, направленных на повышение качественных характеристик технологической оснастки и специального инструмента	Владеет навыками анализа технико-экономических показателей, применения передового отечественного и зарубежного опыта проектирования технологической оснастки, опытом разработки предложений по проведению исследований, реализации опытно-конструкторских и экспериментальных работ, направленных на повышение качественных	Отчет по практике

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			характеристик технологической оснастки и специального инструмента, совершенствование методик и сокращение сроков проектирования	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Объемные наноструктурные материалы и их свойства	4	0	4	27
Тема 1 Основные методы и технологий получения объемных наноструктурных материалов. Терминологические подходы к понятию наноматериалов. Основы классификации объемных наноструктурных материалов. Физические причины специфики наноматериалов. Элементарные и композиционные наноструктуры. Кластеры и молекулы. Нанокристаллы, нанотрубки, наностержни и их производные. Одномерные и двумерные наноструктуры. Структурные элементы для наноматериалов более высокого порядка. Тема 2 Применение объемных наноструктурных материалов. Конструкционные, инструментальные и триботехнические наноматериалы. Полупроводниковые и диэлектрические наноматериалы, высокотемпературные сверхпроводники, магнитные материалы, материалы с магнетосопротивлением. Нанопористые материалы. Мезопористые материалы. Инструментальные сплавы с нанозерном. Технические жидкости, вспомогательные материалы, содержащие наноматериалы. Интеллектуальные наноматериалы. Возможные ограничения применения наноматериалов.				
Нанотехнологии получения и метрологические основы обеспечения требуемых характеристик наноструктурных материалов.	4	0	4	27
Тема 3 Основные методы и технологии получения наноструктурных материалов. Два основных технологических подхода: диспергационный («сверху–вниз»), конденсационный («снизу–вверх»). Методы синтеза нанопорошков: физический и химический. Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Наномодификаторы традиционных материалов, используемых в общем машиностроении. Методы с использованием аморфизации. Методы интенсивной пластической деформации. Углеродные нанотрубки, технологии изготовления. Керамические наноматериалы, технологии изготовления. Перспективные нанотехнологии получения наноструктурных материалов. Понятие об образовании зародышей. Механизмы гомогенного и гетерогенного зародышеобразования. Формирование кластеров и наночастиц. Формирование сложных наноструктур. Понятие о самоорганизации.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Самоорганизация наноразмерных упорядоченных структур. Роль температурного фактора. Типы упорядоченных структур и их параметры. Тема 4 Метрологические основы обеспечения требуемых характеристик наноструктурных материалов. Методы контроля наноструктур по составу, размерам, степени упорядоченности. Исследования наноматериалов методами электронной микроскопии. Контроль физико-механических свойств современных наноструктурных материалов в машиностроении.				
Наноструктурированные покрытия и их свойства.	4	0	4	27
Тема 5 Наноструктурированные покрытия режущего для инструмента и технологической оснастки. Нитриды, карбиды, оксиды, карбонитриды и оксинитриды металлов III и IV групп Периодической системы. Структура, строение, фазовый и элементный состав наноструктурированных покрытий. Структурные и фазовые превращения в наноструктурированных покрытиях, происходящие при воздействии температурных и сильных факторов. Механизмы разрушения наноструктурированных покрытий при различных видах нагружения. Тема 6 Применение наноструктурированных покрытий. Термобарьерные, теплопроводящие, износостойкие, антифрикционные, ударостойкие, коррозионностойкие, самосмазывающиеся наноструктурированные покрытия для упрочнения и защиты режущего инструмента, пар трения, деталей машин и оснастки, испытывающих повышенные силовые и тепловые нагрузки, а также воздействие агрессивных сред.				
Нанотехнологии получения и метрологические основы обеспечения требуемых характеристик наноструктурированных покрытий. Автоматизированные системы разработки технологических процессов.	4	0	6	27
Тема 7. Осаждение термическим испарением. Осаждение ионным распылением. Осаждение взрывом. Осаждение дуговым разрядом. Ионное осаждение. Химическое осаждение. Нанотехнологии изготовления режущего инструмента. Методы нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент. Технологический регламент получения наноструктурированных покрытий методами электродугового испарения и магнетронного распыления. Технологические и температурные параметры, определяющие технологию изготовления наноструктурированных покрытий.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Нанотехнологии получения наноструктурированных покрытий со специальными свойствами. Вакуумное оборудование и оснастка. Принцип работы вакуумного оборудования. Влияние нанотехнологий на эксплуатационные свойства изделий.</p> <p>Тема 8. Метрологические основы обеспечения требуемых характеристик наноструктурированных покрытий на режущем инструменте и технологической оснастке. Подготовка образцов к исследованию структуры и свойств наноструктурированных покрытий. Изучение морфологии поверхности и структуры наноструктурированных покрытий с использованием оптической, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Химический и микрорентгеноспектральный анализы состава наноструктурированных покрытий. Измерение твердости и модуля Юнга. Изучение адгезии и толщины покрытий. Изучение физико-механических, трибологических, коррозионных и теплостойких свойств наноструктурированных покрытий.</p> <p>Тема 9. Разработка технологических процессов изготовления деталей с использованием автоматизированных систем. САПР – важное звено в промышленном проектировании. Автоматизация оформления документации. Информационная поддержка и автоматизация процесса принятия решений. Повышение качества управления проектированием.</p>				
ИТОГО по 4-му семестру	16	0	18	108
ИТОГО по дисциплине	16	0	18	108

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определять соответствие характеристик изготавливаемых изделий на основе наноматериалов технологическим документам.
2	Анализ параметров технологических процессов и режимов работы технологического оборудования и оснастки.
3	Разработка методики контроля и испытаний лабораторных образцов и деталей на основе наноматериалов.
4	Использование методов планирования производственной деятельности для проектирования технологических процессов.
5	Разработка требований к качеству изделий на основе наноматериалов.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
6	Формулировка физических принципов работы изделий на основе наноматериалов.
7	Разработка методик контроля параметров и программ испытаний изготавливаемых изделий на основе наноматериалов, оформления документации по результатам контроля и испытаний.
8	Разработка методик по обеспечению качества изготавливаемых изделий.
9	Разработка технологических процессов изготовления деталей с использованием САПР.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		



1	Акулович Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учебное пособие для вузов / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. - Минск Москва: Новое знание, ИНФРА-М, 2012.	3
2	Валиев Р.З. Объемные наноструктурные металлические материалы : получение, структуры и свойства / Р.З. Валиев, И. В. Александров. - М.: Академкнига, 2007.	2
3	Каменева А. Л. Эволюция представлений о структурных зонах поликристаллических наноструктурированных плёнок, формируемых методами вакуумных технологий : монография / А. Л. Каменева. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	6
4	Когаев В. П. Прочность и износостойкость деталей машин : учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / В. П. Когаев, Ю. Н. Дроздов. - Москва: Высш. шк., 1991.	20
5	Нанокпозиционные и наноструктурные машиностроительные материалы и технологии их получения : монография / С. В. Авдейчик [и др.]. - Москва: Спектр, 2013.	2
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Каменева А. Л. Многокомпонентные наноструктурированные покрытия на основе нитридов металлов III и IV групп периодической системы для упрочнения резьбовых соединений: разработка, получение, исследование и испытание : учебное пособие / А. Л. Каменева. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	8
2	Каменева А. Л. Особенности получения наноструктурированных ионно-плазменных плёнок с заданными свойствами / А. Л. Каменева, А. Ю. Клочков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	40
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Упрочняющие технологии и покрытия : научно-технический и производственный журнал / Издательство Машиностроение. - Москва: Машиностроение, 2005 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Изучение функциональных свойств многослойных пленок на основе двух- и трехкомпонентных нитридов тугоплавких металлов и их соединений с легкоплавкими металлами и неметаллами	<a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3972">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3972</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц (с модификациями)	1
Практическое занятие	ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц (с модификациями)	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------