

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов»**

Направление подготовки 15.04.05. «Конструкторско-технологическое обеспечение машино-  
строительных производств»

Профиль подготовки Физика высоких технологий

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед., час	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	6, 216	-	36	-	144	Экзамен (36ч)
Итого	6, 216	-	36	-	144	36

Владимир, 2015

ML

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» направлено на достижение следующих целей ОПОП 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»:

Код цели	Формулировка цели
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской деятельности</i> , обеспечивающей создание проектов машиностроительного производства и внедрение технологий изготовления машиностроительных изделий, с учетом внешних и внутренних требований к их производству и качеству, <i>внедрение и эксплуатацию</i> новых материалов, технологий, оборудования, востребованных на региональном, отечественном и зарубежном рынке.
Ц4	Подготовка выпускников к <i>производственно-технологической деятельности</i> при выполнении производственных и исследовательских проектов в профессиональной области, сопровождению их бизнес-процессов, <i>осуществлению организационно-управленческой деятельности</i> .

Целями освоения дисциплины «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» являются:

- изучение теоретических основ построения, технологий получения наноразмерных объектов;
- получение практических навыков работы с приборами зарубежных и отечественных фирм в области наноизмерений и нанодиагностики, в том числе нано- и микроиндентирования, кало- и скратч-тестирования, электронной и атомно-силовой микроскопии;
- обоснование современных тенденций развития нанотехнологий и использования наноразмерных объектов и технологий в машиностроении.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части и изучается в 3-ем семестре подготовки магистров по направлению 15.04.05 после обязательного прохождения дисциплин «Методы обеспечения качества машиностроительной продукции», «Методология научных исследований в машиностроении», «Информационно-измерительные системы». Дисциплина является *основной* в конструкторско-технологическом обеспечении современных машиностроительных производств *и базовой* для изучения последующих дисциплин, в том числе «Технологическое обеспечение качества», «Методы получения наноструктурированных материалов и покрытий в машиностроении» и др.

В начале изучения дисциплины студенты тестируются по знаниям в области основ физики, химии, теоретической механики, технологии машиностроения, материаловедения, и практическим навыкам работы с компьютерами.

**Целью дисциплины** является *изучение теоретических и практических основ высоких технологий в машиностроении*, что подразумевает освоение и решения ряда взаимосвязанных научно-исследовательских и практических задач. Основными задачами дисциплины являются: получение теоретических навыков и компетенций в области технологий создания наноразмерных объектов, физико-химических основ их функционирования; основ моделирования наноразмерных структур, анализе новых областей использования нанотехнологий в машиностроении; практических навыков в области наноизмерений.

Основной упор в курсе делается на научное направление кафедры «Технологии машиностроения», а именно «Многослойные наноструктурированные покрытия и объемные материалы в машиностроении».

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 15.04.05:

Р2, Р4 (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 15.04.05).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения, согласующиеся с формируемыми компетенциями ОПОП:

способностью разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления машиностроительных изделий, участвовать в модернизации и автоматизации действующих и проектировании новых машиностроительных производств различного назначения, средств и систем их оснащения, производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства (ПК-5):

*знать:* уровень и тенденции развития высоких технологий, которых можно использовать при построении новых машиностроительных производств различного назначения;

*уметь:* использовать знания физико-энергетических основ высоких технологий при разработке эффективных технологий изготовления новых машиностроительных изделий;

*владеть:* средствами и системами технологической подготовки производства при проектировании технологических процессов изготовления машиностроительных изделий с использованием высоких технологий;

способностью организовывать работы по проектированию новых высокоэффективных машиностроительных производств и их элементов, модернизации и автоматизации действующих, по выбору технологий, инструментальных средств и средств вычислительной техники при реализации процессов проектирования, изготовления, контроля, технического диагностирования и промышленных испытаний машиностроительных изделий, поиску оптимальных решений при их создании, разработке технологий машиностроительных производств, и элементов и систем технического и аппаратно-программного обеспечения с учетом требований качества, надежности, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и требований экологии (ПК-11):

*знать:* порядок и требования к проектированию высокоэффективных машиностроительных производств по техническим, технологическим требованиям;

*уметь:* анализировать и выбирать оптимальные технологии для конкретных высокоэффективных машиностроительных производств с учетом требований качества, надежности, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и требований экологии;

*владеть:* навыками работы по проектированию новых технологических процессов, умением использования средств вычислительной техники для разработки технологических процессов высоких технологий;

способностью участвовать в проведении работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемой продукции, действующих технологий, производств их элементов, по созданию проектов стандартов и сертификатов, заключений на них, по авторскому надзору при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых изделий, объектов, внедрению технологий, по проведению маркетинга и подготовке бизнес-плана выпуска и реализации перспективных конкурентоспособных изделий, по разработке планов и программ инновационной деятельности (ПК-13):

*знать:* теоретические основы современных и перспективных технологий машиностроения;

*уметь:* использовать физико-энергетические основы для расчетов конкретных технологических процессов с целью их разработки, совершенствования, модернизации и унификации;

*владеть:* навыками анализа потенциальных потребителей и поставщиков высоких технологий, расчета экономической эффективности внедрения высоких технологий в производство.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел 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 форма промежуточной аттестации		
				Лекции	Консульта-	Семинары	Практиче-	Лаборатор-	Контрольные	СРС			КП / КР	
<b>1</b>	<b>Классификация и основы высоких технологий (ВТ) в маш-ии</b>	3					<b>12</b>				<b>48</b>	<b>6 / 50</b>	Реферат, практические и работы	
1.1	Классификация ВТи методов обработки (МО) материалов.									6				
1.2	Электроискровые методы обработки материалов.		1-2			4				14		2 / 50		
1.3.	Лазерные МО.		3-4			4				14		2 / 50		
1.4	Ультразвуковая размерная обработка.		5-6			4				14		2 / 50		
	<i>Текущий контроль</i>												<i>Рейтинг-контроль №1</i>	
<b>2</b>	<b>Генерация потоков концентрированной энергии в современных МО материалов</b>						<b>12</b>					<b>48</b>	<b>60 / 50</b>	Реферат, практические работы
2.1	Универсальность описания МО КПЭ.									6				
2.2	Свойства лазерных и электронных пучков.									6				
2.3.	Физические принципы генерации технологической плазмы.									6				
2.4	Электрохимическая обработка.	7-8			4				10		2 / 50			
2.5	Анодно-механическая обработка.	9-10			4				10		2 / 50			
2.6.	Электроимпульсная обработка.	11-12			4				10		2 / 50			
	<i>Текущий контроль</i>											<i>Рейтинг-контроль №2</i>		
<b>3</b>	<b>Физико-энергетические процессы при реализации ВТ в маш-ии</b>					<b>12</b>					<b>48</b>	<b>6 / 50</b>	Реферат, практические работы	
3.1	Взаимодействие КПЭ и материала при ЭЭО и ЭХО.	13-14			4				16		2 / 50			

3.2	Особенности взаимодействия материала и КПЭ при лазерных МО.		15-16			4			16		2 / 50	
3.3	Энергетические и физические процессы при плазменной обработки.		17-18			4			16		2 / 50	
	<i>Текущий контроль</i>											<i>Рейтинг-контроль №3</i>
<b>Всего</b>						<b>36</b>			<b>144</b>		<b>18 / 50</b>	<b>Экзамен (36ч)</b>

### Практические занятия

Цель практических занятий по дисциплине «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» – закрепление теоретического материала и выработка у студентов умения решать задачи по практическим аспектам учебной дисциплины.

В соответствие с рабочей программой на практические занятия отводится 18 часов. На первом занятии преподаватель доводит до студентов порядок и график проведения занятий, максимальное количество баллов, которое может набрать студент по каждому модулю в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой со 100-балльной шкалой оценок.

Практические занятия по дисциплине строятся следующим образом: (1) Вводная часть преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены); (2) Беглый опрос; (3) Решение 1 – 2 типовых задач у доски. (0,3 час на п.п. 1 – 3); (4) Самостоятельное решение задач. (1 час); (5) Разбор типовых ошибок при решении, объявление оценок по модулю (0,5 час).

Задания и задачи для самостоятельного решения на практическом занятии могут быть дифференцированы по степени сложности. При этом можно использовать два пути:

- Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.
- Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку. Оценка предварительной подготовки студента к практическому занятию может быть сделана путем экспресс-тестирования (тестовые задания закрытой формы) в течение 5, максимум – 10 минут. Таким образом, на каждом занятии каждому студенту выставляются по крайней мере две оценки.

Тематика практических занятий соответствует названиям модулей дисциплины, основные вопросы, выносимые на практические занятия, приведены в рабочей программе дисциплины. Практические занятия по дисциплине кроме традиционной формы проведения включают выездные занятия на предприятия и НОЦ, занимающиеся нанотехнологиями и имеющие вакуумное оборудование для нанесения покрытий. Предусмотрен мастер-класс с ведущими специалистами в области нанотехнологий, сканирующей и электронной микроскопии из ведущих ВУЗов страны и предприятий-лидеров.

Перечень практических работ:

Практическая работа 1. Классификация конструкционных материалов и высоких технологий.

Практическое занятие 2. Классификация конструкционных материалов.

Практическая работа 3. Модель кольцевого испарителя.

Практическая работа 4. Моделирование процессов диффузии.

Практическая работа 5. Формирование биполярного транзистора с помощью диффузии.

Практическая работа 6. Моделирование процесса ионной имплантации.

Практическая работа 7. Двумерное распределение ионов под краем маски.

Практическая работа 8. Применение высоких технологий в технологических процессах обработки материалов.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Для практических работ:*

Предусмотрен мастер-класс со специалистами в области высоких технологий обработки материалов (электроэрозионная, лазерная, плазменная)

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах – составляет 50% аудиторных занятий.

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

Вопросы для рейтинг-контроля и экзамена ФЭОВТ

Рейтинг контроль 1.

1. High-Tech и современные производственные технологии в машиностроении. Классификации, основные термины и определения
2. Тенденции развития пластического деформирования в машиностроении
3. Получение наноструктурированных материалов методами интенсивной пластической деформации
4. Энергосберегающие технологии в машиностроении
5. Новые материалы в машиностроении. Обзор современных работ по тенденциям использования наноматериалов в машиностроении
6. Нанорезание и нанообработка в машиностроении
7. Обзор оборудования и станков для получения наноразмерной точности
8. Наноструктурированные покрытия для режущего инструмента
9. Нанопокрывтия для изделий машиностроения
10. Использование нанокремниевых трубок в машиностроении
11. Мехатронные технологии в машиностроении

Рейтинг контроль 2

1. Высокая энергоемкость процесса обработки концентрированными потоками энергии (КПЭ)
2. Универсальность методов обработки КПЭ
3. Свойства технологических лазерных пучков (энергетические параметры, монохроматичность, когерентность, поляризация, фокусировка)
4. Физические принципы генерации технологических электронных пучков (эмиссия электронов и генерация пучков)
5. Технологическая плазма и ее свойства (основные понятия плазмы, термодинамика плазмы, диффузия частиц в плазме, особенности плазмы в электрическом и магнитном полях)
6. Физические основы гидроструйного генератора. Особенности гидроструйной и абразивноструйной обработки
7. Особенности электрических методов обработки

Рейтинг контроль 3.

1. Энергетическая концепция процессов обработки материалов (связь между потоками энергии и импульса в процессах обработки материалов).

2. Термодинамика энергопереноса при обработке материалов).
3. Энергетика механической обработки (напряжения и энергия деформации в твердых телах, работа и энергия пластической деформации, теоретический предел текучести).
4. Энергетическое подобие между механическим и термическим разрушением твердых тел.
5. Физические основы лазерной обработки материалов (взаимодействие фотонов с веществом, преобразование энергии лазерного излучения в теплоту, тепловые эффекты при воздействии лазерного излучения).
6. Физические основы плазменной и ионно-плазменной обработки (взаимодействие ионов с веществом, потери энергии при движении, электронное и ядерное торможение).
7. Физические основы электронно-лучевой обработки материалов.
8. Физические основы электроэрозионной обработки материалов.
9. Физико-химические процессы при электрохимической обработке.
10. Ионная имплантация и ионная конденсация при обработке КПЭ.

### **Вопросы к экзамену**

1. Высокая энергоемкость процесса обработки концентрированными потоками энергии.
2. Универсальность методов обработки КПЭ.
3. Свойства технологических лазерных пучков (энергетические параметры, монохроматичность, когерентность, поляризация, фокусировка).
4. Физические принципы генерации технологических электронных пучков (эмиссия электронов и генерация пучков).
5. Технологическая плазма и ее свойства (основные понятия плазмы, термодинамика плазмы, диффузия частиц в плазме, особенности плазмы в электрическом и магнитном полях).
6. Физические основы гидроструйного генератора. Особенности гидроструйной и абразивноструйной обработки.
7. Энергетическая концепция процессов обработки материалов (связь между потоками энергии и импульса в процессах обработки материалов, термодинамика энергопереноса при обработке материалов).
8. Энергетика механической обработки (напряжения и энергия деформации в твердых телах, работа и энергия пластической деформации, теоретический предел текучести).
9. Энергетическое подобие между механическим и термическим разрушением твердых тел.
10. Физические основы лазерной обработки материалов (взаимодействие фотонов с веществом, преобразование энергии лазерного излучения в теплоту, тепловые эффекты при воздействии лазерного излучения).
11. Физические основы плазменной и ионно-плазменной обработки (взаимодействие ионов с веществом, потери энергии при движении, электронное и ядерное торможение).
12. Классификации высоких технологий.
13. Полупроводниковые высокие технологии (микро- и нанoeлектроника, квантовая и оптическая электроника, радиоэлектроника).
14. Информационные технологии hi-tech и телекоммуникации (вычислительная техника, системы хранения данных, программирование, искусственный интеллект, интернет-технологии, беспроводные технологии).
15. Высокие технологии в области робототехники и электромеханики (микро- и нано- электромеханические системы (MEMS/NEMS)).
16. Нанотехнологии и новые материалы.
17. Микро- и Нанопокрyтия в машиностроении.
18. «Чистые» технологии (Cleantech).
19. Альтернативная энергетика: (рециклинг, атомная энергетика, солнечная энергетика, водородная энергетика, технологии энергосбережения).

20. Высокие технологии в системах безопасности, контроля и автоматизации (биометрика, системы контроля и управления доступом, датчики и аналитическое оборудование, навигационные технологии, технологии разведки).
21. Оборонные технологии hi-tech и технологии двойного назначения (самолётостроение, ракетостроение, космическая техника).
22. Живые системы и биотехнологии (генная инженерия и генотерапия, биохимия и биофизика, микробиологическая промышленность).

### **Самостоятельная работа студентов**

*Для самостоятельного изучения предусмотрены следующие темы:*

- Тема 1 Классификация и основы высоких технологий (ВТ) в машиностроении.  
Классификация ВТ и методов обработки (МО) материалов.  
Электроискровые методы обработки материалов.  
Лазерные МО.  
Ультразвуковая размерная обработка.
- Тема 2 Генерация потоков концентрированной энергии в современных МО материалов.  
Универсальность описания МО концентрированными потоками энергии (КПЭ).  
Свойства лазерных и электронных пучков.  
Физические принципы генерации технологической плазмы.  
Электрохимическая обработка.  
Анодно-механическая обработка.  
Электроимпульсная обработка.
- Тема 3 Физико-энергетические процессы при реализации ВТ в машиностроении.  
Взаимодействие КПЭ и материала при электроэрозионной и электрохимической обработке.  
Особенности взаимодействия материала и КПЭ при лазерных МО.  
Энергетические и физические процессы при плазменной обработке.

Темы рефератов по теме 1:

1. High-Tech и современные производственные технологии в машиностроении. Классификация, основные термины и определения.
2. Тенденции развития пластического деформирования в машиностроении.
3. Получение наноструктурированных материалов методами интенсивной пластической деформации.
4. Энергосберегающие технологии в машиностроении.
5. Новые материалы в машиностроении. Обзор современных работ по тенденциям использования наноматериалов в машиностроении.
6. Нанорезание и нанообработка в машиностроении.
7. Обзор оборудования и станков для получения наноразмерной точности.
8. Наноструктурированные покрытия для режущего инструмента.
9. Нанопокрyтия для изделий машиностроения.
10. Использование наноуглеродных трубок в машиностроении.
11. Мехатронные технологии в машиностроении.

Темы рефератов по теме 2:

1. Высокая энергоёмкость процесса обработки концентрированными потоками энергии (КПЭ).
2. Универсальность методов обработки КПЭ.
3. Свойства технологических лазерных пучков (энергетические параметры, монохроматичность, когерентность, поляризация, фокусировка).
4. Физические принципы генерации технологических электронных пучков (эмиссия электронов и генерация пучков).



5. Технологическая плазма и ее свойства (основные понятия плазмы, термодинамика плазмы, диффузия частиц в плазме, особенности плазмы в электрическом и магнитном полях).
6. Физические основы гидроструйного генератора. Особенности гидроструйной и абразивно-струйной обработки.
7. Особенности электрических методов обработки.

Темы рефератов по теме 3:

1. Энергетическая концепция процессов обработки материалов (связь между потоками энергии и импульса в процессах обработки материалов).
2. Термодинамика энерготенеза при обработке материалов).
3. Энергетика механической обработки (напряжения и энергия деформации в твердых телах, работа и энергия пластической деформации, теоретический предел текучести).
4. Энергетическое подобие между механическим и термическим разрушением твердых тел.
5. Физические основы лазерной обработки материалов (взаимодействие фотонов с веществом, преобразование энергии лазерного излучения в теплоту, тепловые эффекты при воздействии лазерного излучения).
6. Физические основы плазменной и ионно-плазменной обработки (взаимодействие ионов с веществом, потери энергии при движении, электронное и ядерное торможение).
7. Физические основы электронно-лучевой обработки материалов.
8. Физические основы электроэрозионной обработки материалов.
9. Физико-химические процессы при электрохимической обработке.
10. Ионная имплантация и ионная конденсация при обработке КПЭ.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*а) основная литература (электронно-библиотечная система ВлГУ):*

1. "Наукоемкие технологии в машиностроении [Электронный ресурс] / А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безязычный и др.; под ред. А.Г. Суслова. - М.: Машиностроение, 2012." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756192.html>.
2. Технология конструкционных материалов: Учеб. пос. / В.Л.Тимофеев, В.П.Глухов и др.; Под общ. ред. проф. В.Л.Тимофеева - 3-е изд., испр. и доп. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2014-272с.: 60x90 1/16 - (Высш. образ.: Бакалавр.). (п) ISBN 978-5-16-004749-2. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=428228>.
3. Никифоров А.Д. Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении: Учеб. пособие/А.Д. Никифоров, А.В. Бакиев. - М.: Абрис, 2012. - 688 с.: ил. - ISBN 978-5-4372-0056-8. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200568.html>.

*б) дополнительная литература (электронно-библиотечная система ВлГУ):*

1. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html>.
2. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов на их основе [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / Осинцев О.Е. - М.: Машиностроение, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942757205.html>.
3. Методы повышения стойкости режущего инструмента [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов / Григорьев С.Н. - М.: Машиностроение, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942755911.html>.
4. 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), 2010-2011. — ISBN 978-5-9984-0075-

9. Ч. 1: Наночастицы [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 18,5 Мб). — 2010. — 274 с.: ил. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 262-269. — Свободный доступ. — Adobe Acrobat Reader 4.0. — ISBN 978-5-9984-0056-8. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3076/1/00687.pdf>>.
5. 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), 2010-2011. — ISBN 978-5-9984-0075-9. Ч. 2: Нанопленки, нанопокрyтия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 24,9 Мб). — 2011. — 167 с.: ил. — В надзаг.: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 159-165. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0137-4. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3055/1/00633.pdf>>.
6. Физико-химические основы технологических процессов и обработки конструкционных материалов: Уч. пос./ Р.Г. Тазетдинов. - 2-е изд., доп. и испр. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с.- ISBN 978-5-16-008967-6. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=416469>.

*в) Интернет-ресурсы*

<a href="http://www.portalnano.ru/">http://www.portalnano.ru/</a>	<a href="http://www.ru-tech.ru/pub/nano">http://www.ru-tech.ru/pub/nano</a>
<a href="http://www.ntsrl.info/">http://www.ntsrl.info/</a>	<a href="http://www.nanotech.ru/">http://www.nanotech.ru/</a>
<a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a>	<a href="http://nano-info.ru/">http://nano-info.ru/</a>
<a href="http://www.rusnanoforum.ru/">http://www.rusnanoforum.ru/</a>	<a href="http://www.iacnano.ru/">http://www.iacnano.ru/</a>
<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>	<a href="http://www.nanoprom.net/">http://www.nanoprom.net/</a>
<a href="http://www.rusnano.com">www.rusnano.com</a>	<a href="http://www.nanobusiness.fi/">http://www.nanobusiness.fi/</a>

**Учебно-методические издания**

1. Жданов А.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» для студентов направления 15.04.05 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Жданов А.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» для студентов направления 15.04.05 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Жданов А.В. Оценочные средства по дисциплине «Физико-энергетические основы высоких технологий обработки материалов» для студентов направления 15.04.05 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - 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 Образовательная программа 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=56>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения учебного процесса предусмотрено использование следующих лабораторий кафедры ТМС

### **1. Лаборатория высокоэффективных методов обработки материалов (ауд.123-2)**

*Краткая характеристика помещения:*

Общая площадь – 102 кв.м. 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), учебный интерактивный класс на 12 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:*

виртуальная лаборатория Parametric Technologies Corporation (3D Stereo Unit 1400x3000 на базе Arbyte CADStation WS 620 (15 мест)),

шестиосевой координатно-измерительный манипулятор CimCore Infinite 5012;

система трехмерной оцифровки Breuckmann optoTOP-HE - ауд.123-2;

пятиосевой вертикальный обрабатывающий фрезерный центр повышенной точности QUASER MV204U (на базе NC HEIDENHAIN 530) со скоростью вращения шпинделя 15 тыс. мин<sup>-1</sup> с дополнительной скоростной головкой 90 тыс. мин<sup>-1</sup>;

токарно-фрезерный станок EMCO CONCEPT TURN 155 с эмуляторами 11 стоек с ЧПУ (FANUC 21F, SIEMENS SINUMERIC 820/840D, HEIDENHAIN TNT 230);

трехосевой вертикально-фрезерный станок HAAS TM1-NE (на базе NC FANUC) со скоростью вращения шпинделя 4,5 тыс. мин<sup>-1</sup> с дополнительной скоростной головкой 20 тыс. мин<sup>-1</sup>;

токарный станок АТПУ 125 (на базе NC SIEMENS SINUMERIC 802D);

пятиосевой заточной станок для осевого инструмента Sebit WS54;

четырёхосевой эрозионный прошивной станок CHMER CM-A53C + 75N;

пятиосевой эрозионный вырезной станок Mitsubishi BA-8;

лазерно-вырезной комплекс;

лазерный комплекс для термоупрочнения; -

**2. Лаборатория физического моделирования и экспериментальных исследований наукоемких объектов и технологий на базе инструментов National Instruments и программного комплекса LabView (ауд.234-2) в составе**

- компьютерный класс (15 рабочих станций Athlon64 с лицензионным программно-аппаратным комплексом LabVIEW 9.0 и программным обеспечением - CVI, CVI Run-Time, DIAdem CLIP, DIAdem CLIP-INSIGHT Player, DIAdem INSIGHT, IVI Compliance Package, LabVIEW, LabVIEW Run-Time 7.0, 7.1, 8.0, Measurement & Automation Explorer, Measurement Studio for VS2003, NI Script Editor, NI SignalExpress, NI Spy, NI-488.2, NI-DAQmx, NI-DMM, NI-FGEN, NI-HSDIO, NI-HWS, NI-PAL, NI-SCOPE, NI-SWITCH, NI-TCik, NI-USI, NI-VISA, Traditional NI-DAQ, VI Logger);

- набор аппаратно-программного обеспечения для сбора данных,

- набор аппаратно-программного обеспечения NI Motion для обеспечения связи с разнообразными датчиками и контроллерами движения.

- набор аппаратно-программного обеспечения NI Sound(Vibro) для измерения аудио сигналов и вибраций.

- специализированные лабораторные стенды для исследования мехатронных систем и компонентов (разработка систем управления и регулирования мехатронных систем и приводов в режиме реального времени; разработка высокоскоростных систем управления и обработки сигналов на базе ПЛИС; разработка и исследование мехатронных систем и компонентов с ком-

пьютерным управлением движением на базе стандарта Compact RIO; диагностика мехатронных систем на базе стандарта PXI; исследование работоспособности мехатронных модулей на базе NI Motion).

### **3. Лаборатория жизненного цикла продукции:**

- Компьютерный класс (ауд.235-2) с 15 рабочими станциями Pentium 4 и выходом в Internet, на которых установлено лицензионное программное обеспечение: математические пакеты Mathcad 14, MATLAB R14, CAD/CAM/CAE/PLM-системы Windchill 8.0, Pro/ENGINEER и Pro/MECHANICA Wildfire 4, SolidWorks 2008, КОМПАС 3D v.9, DEFORM 3D, QFORM 3D, MoldFlow MPI.

- Возможность доступа к суперЭВМ СКИФ-Мономах (4,7 ТФлопс)- (ауд.417-2) с установленными пакетами для параллельных вычислений ANSYS v.11 (Academic Research), ANSYS Mechanical HPC, ANSYS CFD HPC;

### **4. 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 Нанолaborато-

рии 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 ССD камера с охлаждением до  $-70^{\circ}\text{C}$  (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 SAXSess*

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 диапа-

зоне 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.

#### *5) Двухлучевой сканирующий УФ/Вид спектрофотометр LAMBDA 25*

Двухлучевые сканирующие УФ/Вид спектрофотометры для рутинных и автоматических измерений. Эти приборы предназначены для различных промышленных, учебных, биологических и биохимических лабораторий и лабораторий по контролю окружающей среды. Они отличаются высокой стабильностью, гибкостью в выборе методов анализа, удобством представления и обработки полученных данных.

Ключевые особенности спектрофотометров серии Lambda:

Широкий выбор методов измерения – сканирование по длине волны, сканирование по времени (кинетические исследования) и количественный анализ (фотометрия)

Двухлучевая оптическая схема – высокие технические характеристики, точность и воспроизводимость получаемых данных

Высокая фотометрическая точность и низкий уровень шума – правильные и надежные результаты измерений при низких концентрациях аналита

Низкий уровень рассеянного света – измерения при высоких оптических плотностях

Встроенная система поверки прибора (IPV) – тестирование спектрофотометра на соответствие техническим характеристикам и требованиям GLP

Lambda 25 – спектрофотометр с фиксированной спектральной шириной щели 1 нм, соответствующий требованиям Американской, Европейской и другим национальным фармакопеям. Управление приборами, получение и обработка данных осуществляется с персонального компьютера с помощью ПО UV WinLab

Приборы могут комплектоваться кюветами различной длины и объема, системами автоматической смены кювет и термостатирования кювет (водяное и Пельтье); авто-дозатором, держателями для твердых образцов и гелей, интегрирующей сферой и волоконно-оптической системой для дистанционного анализа, приставками для анализа зеркального отражения и другими приставками и аксессуарами. Кроме того, на базе спектрофотометров могут быть сконфигурированы специальные системы для анализа растворимости лекарственных препаратов и проточно-инжекционная система для непрерывного поточного анализа.

#### *6) Многофункциональный планшетный анализатор VICTOR X3 (PerkinElmer)*

Многофункциональные анализаторы предназначены для различных видов детекции оптических сигналов в планшетном формате, за исключением радиометрических методов: фотометрия; УФ-фотометрия; флуоресценция; флуоресценция с разрешением по времени; поляризационная флуоресценция; люминесценция; AlphaScreen; Label-Free. Анализаторы PerkinElmer обладают превосходной чувствительностью, гибкостью по предлагаемым конфигурациям под различные пользовательские задачи и многофункциональностью, непревзойденными техническими характеристиками. Анализаторы PerkinElmer широко известны во всем мире и завоевали неоспоримую репутацию. Анализаторы могут использоваться как для рутинных лабораторных исследований в научных и медицинских лабораториях, так и для высокопроизводительных приложений в фармацевтических и биотехнологических лабораториях. Области применения: молекулярная и клеточная биология; генетический анализ и генотипирование; имму-

ноферментный анализ и ферментативные реакции; анализ активности рецепторов и молекулярных взаимодействий; квантификация; токсикологические и бактериологические исследования и т.д. Анализаторы могут работать как самостоятельно, так и в составе многофункциональных роботизированных комплексов. Технологии детекции *Флюоресценция*: Измерение соотношения флюоресценции на двух длинах волн, Измерение флюоресценции снизу и сверху планшеты; *Поляризационная флюоресценция*; *Флюоресценция, отсроченная по времени (TRF)*: Двухоконная TRF, Измерение эмиссии на двух длинах волн; *Люминесценция*: Постоянная люминесценция (Glow), Импульсная люминесценция (Flash), Двойная (комбинированная) люминесценция; *Фотометрия в видимой области*; *УФ-фотометрия*. *Формат планшет*: 1 - 1536-луночные планшеты. *Встроенный шейкер*: три режима: линейный орбитальный, двойной орбитальный *Встроенный температурный контроль*: от + 2°C выше тем-ры окр. среды до 50°C *Опции*: диспенсеры 1-4 канала; стекеры на 20 или 50 планшет; считыватель штрих-кодов; различные фильтры; ФЭУ красной области спектра для усовершенствования работы по технологиям LANCE и TR-FRET

## **5. 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, нагревать 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<sup>P</sup>

### *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.

## **6. 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:H; 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: ±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: ±1,0%.

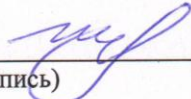
4. Калотестер CSM CAT (Модель CAT-S-AE), Производитель: CSM (Швейцария).

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

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



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Рабочую программу составил Жданов А.В.   
(ФИО, подпись)

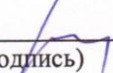
Рецензент:  
(представитель работодателя) ООО «Конструкторское бюро технологий машиностроения», генеральный директор

Дарсалия Р.Г.

(место работы, должность, ФИО, подпись)




Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения  
Протокол № 6 от 9.02.2015 года

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

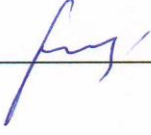
Протокол № 6 от 9.02.2015 года

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

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.2016 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_ 

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_