

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)



Первый проректор проректор по научной  
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Направление подготовки 15.06.01 Машиностроение

Направленность (профиль) подготовки Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения очная

| Год   | Трудоем-<br>кость<br>зач.<br>ед, час. | Лек-<br>ции,<br>час. | Практич.<br>занятия,<br>час. | Лаборат.<br>работы,<br>час. | СРА,<br>час. | Форма<br>промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|-------|---------------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|---|
| 2     | 3/108                                 | 36                   | -                            | -                           | 72           | зачет   |
| Итого | 3/108                                 | 36                   | -                            | -                           | 72           | зачет   |

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Новые технологии машиностроения» являются:

- получение знаний о закономерностях построения инновационных технологических процессов;
- изучение основ современных инновационных технологий машиностроения;
- изучение возможностей современных расчетных комплексов для моделирования и исследования процессов, протекающих в сложных технологических системах;
- изучение принципов использования компьютерной технологической среды при комплексной автоматизации производства.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Новые технологии машиностроения» изучается на 2-ом году подготовки по направлению 15.06.01 «Машиностроение» направленность (профиль) подготовки «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» и относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В. ДВ.1).

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в результате освоения образовательной программы высшего образования второго уровня (магистратура, специалитет). Обучающийся должен иметь базовые знания о технологической подготовке производства, методах теоретического и экспериментального исследования современных технологических процессов и технологических систем.

Дисциплина «Новые технологии машиностроения» является частью блока дисциплин посвященных изучению инновационных технологических процессов и технологических систем машиностроительных производств, методам их исследования с использованием современных расчетных и информационно-измерительных комплексов.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие *результаты обучения*:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

*знать*: современные научные достижения в области технологических процессов и технологических систем машиностроительных производств, в том числе, на мезо- и наноуровнях;

*уметь*: формировать алгоритмы решения исследовательских и практических задач на основе анализа современных научных достижений и генерации новых идей;

*владеть*: современными средствами для моделирования и исследования процессов, протекающих в сложных технологических системах.

- способностью формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники (ОПК-2);

*знать*: современные тенденции и новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования технологических систем и технологических процессов машиностроительного производства;

*уметь*: формулировать нетиповые задачи и разрабатывать расчетные схемы при проектировании машин, приводов, оборудования технологических систем и технологических процессов машиностроительного производства;

*владеть:* современными средствами проектирования машин, приводов, оборудования технологических систем и технологических процессов машиностроительного производства.

- способностью проявлять инициативу в области научных исследований, в том числе в ситуациях технического и экономического риска, с осознанием меры ответственности за принимаемые решения (ОПК-4);

*знать:* основные проблемы технического и экономического характера, возникающие в науке и технике на современном этапе их развития;

*уметь:* использовать принципы системного подхода при оценке технического и экономического риска в процессе принятия решения;

*владеть:* навыками анализа основных тенденций развития науки и техники при принятии решения и оценке технического и экономического риска;

- умением проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для машиностроительной отрасли, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике (ПК-2);

*знать:* современные средства автоматизации, контроля, диагностики технологических процессов и технологических систем;

*уметь:* использовать современные средства автоматизации, контроля, диагностики технологических процессов при исследовании и формировании технологических систем;

*владеть:* современными средствами, обеспечивающими автоматизированный сбор и обработку информации для исследования технологических систем;

- умением работать с аппаратурой, выполненной на базе микропроцессорной техники и персональных компьютеров для решения практических задач эксплуатации и управления технологическими системами (ПК-3).

*знать:* современные средства технического и аппаратно-программного обеспечения функционирования технологических систем с учетом требований качества, надежности, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и требований экологии;

*уметь:* использовать современные средства технического и аппаратно-программного обеспечения функционирования технологических систем с учетом требований качества, надежности, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и требований экологии;

*владеть:* навыками использования систем технического и аппаратно-программного обеспечения функционирования технологических систем с учетом требований качества, надежности, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и требований экологии.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п        | Раздел (тема) дисциплины   | Год обучения | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах) |                      |                     |                    |     | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации |                   |
|--------------|--|--------------|---|----------------------|---------------------|--------------------|-----|---|--|-------------------|
|              |  |              | Лекции  | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРА |   |  | кп / кр           |
| 1            | Современные технологии нанесения покрытий:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• химическим осаждением из паровой фазы (CVD);</li> <li>• плазменно-химическим осаждением из газовой фазы (PECVD);</li> <li>• магнетронным распылением (MS, MSIP, HIS, HIPIMS);</li> <li>• резистивным испарением;</li> <li>• электронно-лучевым испарением;</li> <li>• лазерным испарением;</li> <li>• вакуумно-дуговым испарением;</li> <li>• методами высокоскоростных газопламенных процессов газотермического напыления;</li> <li>• методами холодного газодинамического напыления.</li> </ul> | 2            | 20  |                      |                     |                    | 20  |   | 20/100%  |                   |
| 2            | Оборудование, технологии изготовления и область применения углеродных нанотрубок   | 2            | 4   |                      |                     |                    | 12  |   | 4/100%   |                   |
| 3            | Методы и оборудование для исследования наносистем:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• оборудование и методы для исследования структуры наноструктурированных материалов и покрытий;</li> <li>• оборудование и методы для исследования физико-механических характеристик наноструктурированных покрытий;</li> <li>• рентгенодифракционные исследования многослойных гетероструктур;</li> <li>• исследования многослойных гетероструктур электронно-зондовыми методами;</li> <li>• исследование наноструктур методами сканирующей зондовой микроскопии;</li> </ul>                | 2            | 4   |                      |                     |                    | 20  |   | 4/100%   |                   |
| 4            | Оборудование и разновидности аддитивных технологий, аддитивные технологии на основе металлических порошков   | 2            | 4   |                      |                     |                    | 10  |   | 4/100%   |                   |
| 5            | Современные методы обработки материалов:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• высокоскоростная обработка резанием (BCO, HSM);</li> <li>• электроэрозионная обработка металлов;</li> <li>• лазерная резка и сварка металлов;</li> <li>• электронно-лучевая сварка металлов</li> </ul>  | 2            | 4   |                      |                     |                    | 10  |   | 4/100%   |                   |
|              | <i>Промежуточная аттестация</i>  | 2            |   |                      |                     |                    |     |   |  | <i>Зачет (2ч)</i> |
| <b>ИТОГО</b> |  | 2            | 36  |                      |                     |                    | 72  |   | 36/100%  |                   |

## Тематика лекционного курса.

### 1. Вакуумные покрытия:

- полученные химическим осаждением из паровой фазы (CVD) - особенности конструкции установки, особенности технологического процесса, виды и характеристики получаемых покрытий, преимущества и недостатки процесса
- полученные плазменно-химическим осаждением из газовой фазы (PECVD) - особенности конструкции установки, особенности технологического процесса, виды и характеристики получаемых покрытий, преимущества и недостатки процесса,
- полученные в результате магнетронного распыления по следующим технологиям:
  - MS – ионное осаждение магнетронным распылением с использованием сбалансированного магнетрона CM;
  - MSIP – ионное осаждение магнетронным распылением с использованием несбалансированного магнетрона HM;
  - HIS – осаждение магнетронным распылением с высокой ионизацией с использованием дуальных магнетронов DM;
  - HIPIMS - технология магнетронного распыления импульсами высокой мощности.особенности конструкции установок, особенности технологических процессов, виды и характеристики получаемых покрытий, преимущества и недостатки каждого из процессов магнетронного испарения
- полученные в вакууме в результате:
  - резистивного испарения;
  - электронно-лучевого испарения;
  - лазерного испарения;
  - вакуумно-дугового испарения,особенности конструкции установок, особенности технологических процессов, виды и характеристики получаемых покрытий, преимущества и недостатки каждого из процессов;
- полученные методами высокоскоростных газопламенных процессов газотермического напыления (особенности конструкции установок, особенности технологических процессов, виды и характеристики получаемых покрытий, преимущества и недостатки процесса)
- полученные методами холодного газодинамического напыления (особенности конструкции установок, особенности технологических процессов, виды и характеристики получаемых покрытий, преимущества и недостатки процесса). (20 часов)

### 2. Оборудование, технологии изготовления и область применения углеродных нанотрубок. (4 часа)

### 3. Методы и оборудование для исследования наносистем:

- оборудование и методы для исследования структуры наноструктурированных материалов и покрытий;
- оборудование и методы для исследования физико-механических характеристик наноструктурированных покрытий;
- рентгенодифракционные исследования многослойных гетероструктур;
- исследования многослойных гетероструктур электронно-зондовыми методами;
- исследование наноструктур методами сканирующей зондовой микроскопии (4 часа)

### 4. Оборудование и разновидности аддитивных технологий. Аддитивные технологии на основе металлических порошков (4 часа)

### 5. Современные методы обработки материалов:

- высокоскоростная обработка (BCO, HSM) – особенности технологического процесса резания при BCO, инструмент и оборудование для BCO, область применения BCO;

- электроэрозионная обработка металлов = особенности технологического процесса, инструмент, область применения;
- лазерная резка и сварка металлов: особенности технологического процесса, оборудование, область применения;
- электронно-лучевая сварка металлов: особенности технологического процесса, оборудование, область применения. (4 часа)

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ориентация на тактические образовательные технологии, являющиеся конкретным способом достижения целей образования в рамках намеченной стратегической технологии. При чтении лекций используется метод проблемного изложения с использованием интерактивной формы проведения занятия. При проведении лабораторных работ используются поисковый и исследовательский методы, в том числе, case study.

Ниже приводится описание образовательных технологий, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения дисциплины. Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в матрице (см. табл). Перечень методов обучения и форм организации обучения может быть расширен.

Методы и формы организации обучения (ФОО)

| ФОО                                | Лекции | Лабораторные работы | СРА |
|------------------------------------|--------|---------------------|-----|
| Методы                             |        |                     |     |
| IT-методы                          |        |                     |     |
| Работа в команде                   |        | +                   | +   |
| Case study                         |        | +                   |     |
| Игра                               |        |                     |     |
| Методы проблемного обучения.       | +      |                     |     |
| Обучение на основе опыта           | +      | +                   |     |
| Опережающая самостоятельная работа |        |                     | +   |
| Проектный метод                    |        |                     |     |
| Поисковый метод                    |        | +                   | +   |
| Исследовательский метод            |        | +                   | +   |
| Другие методы                      |        |                     |     |

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

### Вопросы к зачету

1. Использование нанотехнологий в машиностроении.
2. Технологические особенности применения нанотехнологий в машиностроении.
3. Способы получения и применения наноструктурированных покрытий.
4. Проблемы и перспективы развития нанотехнологий в машиностроении.
5. Увеличение ресурса режущих и обрабатывающих инструментов с помощью специальных покрытий и эмульсий.
6. Новые промышленные технологии получения наноматериалов.
7. Нанесение покрытий методом химического осаждения из паровой фазы (CVD).
8. Нанесение покрытий методом плазменно-химического осаждения из паровой фазы (PECVD).

9. Магнетронная распылительная система (МРС) – высокоэффективный источник металлических атомов.
10. Несбалансированные МРС (НМРС) – принцип действия, классификация. НМРС с замкнутой магнитной конфигурацией. Импульсные режимы работы НМРС.
11. Дуальная НМРС – состав, принцип действия, преимущества.
12. Технология HiPIMS – суть технологии и применения.
13. Основные преимущества технологий дуальных НМРС и HiPIMS.
14. Нанесение покрытий методом газопламенных процессов газотермического напыления.
15. Механические свойства покрытий и методы их измерения.
16. Трибологические характеристики покрытий и методы их измерения.
17. Методы испытания адгезии покрытий.
18. Методы исследования морфологии поверхности и микроструктуры покрытий.
19. Общая характеристика и принципы высокоэффективной обработки материалов концентрированными потоками энергии.
20. Новые высокоэффективные методы обработки: электронно-лучевая, лазерная, электроэрозионная,
21. Новые высокоэффективные методы обработки: электроплазменная, электрохимическая обработка,
22. Новые высокоэффективные методы обработки: обработка струей жидкости высокого давления.
23. Перспективы применения новых инструментальных материалов при лезвийной обработке и покрытия инструментов.
24. Виды и методы получения наноструктурированных покрытий.
25. Фуллерены и нанотрубки. Принципы использования.
26. Молекулярные и фрактальные кластеры. Закономерности развития фрактальных кластеров.
27. Алмазоиды. Возможные области применения.
28. Туннельный сканирующий микроскоп, принцип действия и его возможности.
29. Материалы для военной техники, перспективы их производства.
30. Зондовая микроскопия. Принцип работы зондового микроскопа.
31. Атомно-силовая микроскопия. Основные разновидности атомно-силовых микроскопов.
32. Туннельная микроскопия. принцип работы и ее возможности.
33. Электронная микроскопия (ПЭМ, РЭМ).
34. Спектральные методы исследования состава и структуры нанообъектов.
35. УФ-, ИК-спектроскопия в исследованиях наноматериалов.
36. РФЭ-спектроскопия в исследованиях наноматериалов.
37. Рентгеноспектральный анализ в исследованиях наноматериалов.
38. Рентгенофазовый анализ в исследованиях наноматериалов
39. Режимы тока при электроэрозионной обработке (ЭЭО).
40. Прямая и обратная полярность при ЭЭО.
41. Критерий Л.С. Палатника.
42. Полупроводниковые генераторы импульсов при ЭЭО.
43. Машинные генераторы импульсов при ЭЭО.
44. Основные физические принципы плазменной обработки.
45. Плазматроны с вихревой стабилизацией дуги.
46. Плазматроны с газовой стабилизацией дуги.
47. Основные физические принципы светолучевой обработки.
48. Газовые оптические квантовые генераторы (ОКГ).
49. Твердотельные ОКГ.
50. Конструкция ОКГ.

51. Различия технологий аддитивного производства (фотополимеры, порошки, расплавленные и твердые листовые материалы).
52. Особенности использования подложек в аддитивном производстве.
53. Влияние плотности энергии на технологические характеристики процесса.
54. Ориентация изделия на платформе в аддитивном производстве.
55. Удаление опорных элементов в аддитивном производстве.
56. Особенности создания элементов фиксации частей конструкции и ребер жесткости в аддитивном производстве.
57. Идентификационная маркировка изделий при аддитивном производстве.
58. Аддитивное производство изделий на основе медицинских данных.
59. Аддитивное производство изделий на основе данных реверс-инжиниринга.
60. Перспективы развития и применения аддитивного производства.
61. Особенности взаимодействия лазерного излучения и фотополимера.
62. Способы сканирования. Шаблоны лазерного сканирования.
63. Технологии проекционной фотополимеризации в ванне с использованием масок.
64. Двухфотонная фотополимеризация в ванне.
65. Параметры аддитивных технологических процессов для порошковых материалов.
66. Особенности выбора способа подачи порошка при аддитивном производстве.
67. Системы подачи порошка при аддитивном производстве. Восстановление порошка после обработки.
68. Технологические особенности лазерного спекания полимеров при аддитивном производстве.
69. Технологические особенности электронно-лучевого плавления материалов при аддитивном производстве.
70. Экструзионные системы при аддитивном производстве. Основные принципы работы.
71. Управление построением и траекториями движения при использовании аддитивных технологий на базе экструзионных систем.
72. Материалы для распыления методом струйной печати.
73. Материалы связующих для струйной печати.
74. Основы обработки материалов при процессах ламинирования листовых материалов.
75. Особенности технологического процесса резания при высокоскоростной обработке (ВСО).
76. Инструмент и оборудование для ВСО.
77. Область применения ВСО.

### **Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу.

Текущая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний, развитие практических умений и включает в себя:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку.

Творческая самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) компетенций, повышение творческого потенциала обучающихся. Эта работа включает в себя:

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- исследовательскую работу и участие в научных конференциях, семинарах;



- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

*Содержание самостоятельной работы по дисциплине:*

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- Физика формирования наноструктур
- Новые инструментальные материалы при лезвийной обработке и покрытия инструментов.
- Перспективные методы механической обработки: сверхскоростное резание, ротационное резание, вибрационное резание, резание с нагревом.

*Темы, выносимые на самостоятельную проработку:*

- Зондовая микроскопия. Принцип работы зондового микроскопа.
- Атомно-силовая микроскопия. Основные разновидности атомно-силовых микроскопов.
- Туннельная микроскопия. принцип работы и ее возможности.
- Электронная микроскопия (ПЭМ, РЭМ).
- Спектральные методы исследования состава и структуры нанообъектов.
- УФ-, ИК-спектроскопия в исследованиях наноматериалов.
- РФЭ-спектроскопия в исследованиях наноматериалов.
- Рентгеноспектральный анализ в исследованиях наноматериалов.
- Рентгенофазовый анализ в исследованиях наноматериалов

*Контроль самостоятельной работы:*

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. Последний осуществляется путем защиты индивидуального домашнего задания, а также отчетов по творческой самостоятельной работе.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

1. Современные технологии обработки металлов и сплавов: Сб. научно-тех. статей профессорско-препод. состава кафедры "Технология обр.металлов давлением"- М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 252 с.: 60x90 1/16- (Научная мысль) (о) ISBN 978-5-16-010767-7, 500 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=501737> — Загл. с экрана.

2. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М. : БИНОМ, 2014. - — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323784.html> — Загл. с экрана.

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, 2013. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976503267.html>— Загл. с экрана.

4. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] / Е.Д. Мишина. - М.: БИНОМ, 2013. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321315.html>— Загл. с экрана.

5. Методы компактирования и консолидации наноструктурных М54 материалов и изделий [Электронный ресурс] / О.Л. Хасанов. - М.: БИНОМ, 2013. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321247.html>— Загл. с экрана.

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

1. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение, 2012. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html>— Загл. с экрана.

2. Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах [Электронный ресурс] / С. А. Гриднев, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников, О. В. Стогней. - М.: БИНОМ, 2012. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996302949.html>— Загл. с экрана.
3. Наполовину мертвый кот, или Чем нам грозят нанотехнологии [Электронный ресурс] / С.Б. Тараненко, А.А. Балякин, К.В. Иванов. - М. : БИНОМ, 2013 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321902.html>— Загл. с экрана.
4. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] / под ред. У. Жу, Ж.Л. Уанга. - М.: БИНОМ, 2014. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321230.html>— Загл. с экрана.


в) *Internet–ресурсы:*

- <http://window.edu.ru/>
- <http://hi-news.ru/tag/nanotexnologii>
- <http://www.nanonewsnet.ru/>
- <http://nanodigest.ru/>
- <http://www.portalnano.ru/>

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

1. установка для ионно-плазменного нанесения покрытий UniCoaT 600SL+;
2. стационарная установка для измерения микротвердости HVS 1000;
3. калотестер CSM CAT (Модель CAT-S-AE), производитель: CSM (Швейцария).
4. микрокомбитестер CSM МСТ Производитель: CSM (Швейцария).
5. трибометр CSM (Модель TRB-S-CE-000) Производитель: CSM (Швейцария)
6. многофункциональный токарный станок с ЧПУ фирмы ЭМСО модели TURN-155;
7. многофункциональный фрезерный станок с ЧПУ фирмы HAAS;
8. обрабатывающий центр Qwazer фирмы HEIDENHEIN;
9. установка для получения углеродных нанотрубок и волокон «Таунит», производитель – РФ, год выпуска – 2008. Промышленный реактор для получения углеродных нанотрубок, нановолокон в объеме 2000 кг в год;
10. сканирующая зондовая нанолаборатория «Интегра Аура», производитель НТ-МДТ;
11. сканирующий электронный микроскоп Quanta 200-3D, производитель FEI (Нидерланды);
12. мультимедийные средства.


Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 15.06.01 «Машиностроение» и направленности (профилю) подготовки «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

Рабочую программу составил доцент кафедры ТМС, к.т.н. Иванченко А.Б. 

Рецензент: директор ООО «ПКС Центр», к.т.н. Смирнов А.А. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»

Протокол № 10/1 от 03.06.15 года.

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.06.01 «Машиностроение»

Протокол № 10/1 от 03.06.15 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В. 

