**ПРОГРАММа УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

(УГЛУБЛЕННАЯ ПОДГОТОВКА)

2014 г.

Рабочая программа учебной дисциплины разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 151901 Технология машиностроения по программе углубленной подготовки

Организация-разработчик: ОГБПОУ СмолАПО

Разработчики:

Ковалева О.Н., преподаватель ОГБПОУ СмолАПО

Утверждена Научно-методическим советом ОГБПОУ СмолАПО

Протокол № 1 от «05» сентября 2014 г.

Рассмотрена на заседании кафедры

Протокол № 1 от «01» сентября 2014 г.

# **Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Паспорт программы учебной дисциплины |  |
| 2. Структура и содержание учебной дисциплины |  |
| 3. Условия реализации программы учебной дисциплины |  |
| 4. Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины |  |

1. **паспорт ПРОГРАММЫ учебной дисциплины**

**1.1.**Программа учебной дисциплины Нанотехнологии в машиностроении является частью основной профессиональной образовательной программы по специальности СПО151901 Технология машиностроения по программе углубленной подготовки

**1.2. Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:** Профессиональный цикл

Обеспечивающие дисциплины: Технология машиностроения

**1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения учебной дисциплины:**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

* свободно ориентироваться в основных методах сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ);
* подготавливать нанообъекты к проведению исследований;
* самостоятельно разрабатывать методику и проводить исследования поверхностей методами туннельной и атомно-силовой микроскопии;
* обрабатывать экспериментальные результаты с привлечением соответствующего математического и программно-алгоритмического аппарата и компьютерных средств.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

* тенденции и современные методы исследований в области наноиндустрии;
* суть эффектов и процессов, лежащих в основе методовисследований в области наноиндустрии;
* современную приборную базу и программное обеспечение в различных методах СЗМ.

**1.4. Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины:**

максимальной учебной нагрузки студента 152 часа, в том числе:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 102 часа;

самостоятельной работы обучающегося 50 часов.

**2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид учебной работы** | ***Объем часов*** |
| **Максимальная учебная нагрузка (всего)** | ***152*** |
| **Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)** | ***102*** |
| в том числе: |  |
| лабораторные работы | *38* |
| практические занятия |  |
| контрольные работы |  |
| курсовая работа (проект) (*если предусмотрено)* |  |
| Лекционные занятия | *42* |
| Семинарские занятия | *22* |
| **Самостоятельная работа студента (всего)** | ***38*** |
| в том числе: |  |
| самостоятельная работа над курсовой работой (проектом) *(если предусмотрено)* |  |
| *выполнение упражнений*  *решение ситуационных производственных задач*  *подготовка опорных конспектов*  *расчетно-графическая работа*  *выполнение творческого домашнего задания*  *выполнение чертежей, схем, таблиц* | *5*  *4*  *2*  *15*  *4*  *8* |
| *Итоговая аттестация в форме* ***экзамена*** | |

**2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины *Нанотехнологии в машиностроении***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование модулей, разделов, тем | Содержание учебного материала, лабораторных и практических работ | Кол-во часов | В том числе: | |
| Лекций | Лабораторные и практические работы |
| 1 | 2 |  | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Раздел 1.  «Общие сведения о наноразмерных структурах. Современные методы и средства измерений размеров, структур, состава и свойств наноразмерных объектов» |  | 4 | 4 |  |
| 1.1 | Тема 1.Наноразмерные структуры. Общие определения нанообъектов. Разновидности наноматериалов | Наноматериалы. Наноструктуры различной размерности. Пространственные масштабы современных наносистем.  Консолидированные материалы, классификация консолидированных наноматериалов. Нанополупроводники, нанополимеры и нанобиоматериалы. Фуллерены и нанотрубки. Наночастицы и нанопорошки. Супрамолекулярные структуры. Нанокомпозиты. Нанокерамика. Нанопористые материалы. Сверхпроводники. Наноэлектромеханические системы. Особенности свойств наноструктур. | *2* | *2* |  |
| 1.2 | Тема 2. Понятие нанометрологии и стандартизации.Основные понятия, определения, специфика и тенденции развития | Моделирование наносистем. Нанометрология. Междисциплинарный характер нанотехнологий. Стандартизация параметров и свойств материалов, объектов, элементов и структур нанотехнологии. Продвижение линейной шкалы в наноразмерный диапазон. Нанометрология линейных измерений. | *2* | *2* |  |
| 2. | Раздел 2.  «Основные принципы работы, типы и методы сканирующей зондовой микроскопии» |  | 4 | 4 |  |
| 2.1 | Тема 1 Типы сканирующих микроскопов, основные производители сканирующих зондовых микроскопов | Основные типы сканирующих зондовых микроскопов ([Сканирующий атомно-силовой микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE-%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF), [Сканирующий туннельный микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D1%83%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF), [Ближнепольный оптический микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%B8%D0%B6%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F)). Основные производители СЗМ в мире и России (ООО «АИСТ-НТ», ООО «Нано Скан Технология», ЗАО «Нанотехнология МДТ», ООО НПП «Центр перспективных технологий») | *1* | *1* |  |
| 2.2 | Тема 2 Характеристики основных методов и методик микроскопии | Характеристики основных методов и методик микроскопии. СТМ-метод (СТМ-метода постоянной высоты, СТМ-отображение работы выхода, СТМ-отображение плотности состояний, СТМ–I(z)-спектроскопия, СТМ–I(V)-cпектроскопия). АСМ – атомная силовая микроскопия (АСМ-метода постоянной силы, АСМ-контактный метод рассогласования, АСМ-метод латеральных сил, АСМ-отображение сопротивления растекания, АСМ-контактная ёмкостная микроскопия, АСМ-метод модуляции силы, АСМ-полуконтактные методы, АСМ-метод отображения фазы, прерывисто-контактный (полуконтактный) метод, АСМ-бесконтактные методы). Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия. Метод зонда Кельвина. Режим спектроскопии. Ближнепольная оптическая микроскопия. | *3* | *3* |  |
| 3. | Раздел 3.  «Конструкции и техника сканирующих зондовых микроскопов» |  | 14 | 4 | 10 |
| 3.1 | Тема 1  Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов | Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Схема организации системы обратной связи зондового микроскопа. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Нелинейность пьезоэлектрических свойств. Крип пьезокерамики. Гистерезис пьезокерамики. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Шаговые электродвигатели. Шаговые пьезодвигатели. | 2 | 2 |  |
| 3.2 | Тема 2  Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий | Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Защита от вибраций. Защита от акустических шумов. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью. Формирование и обработка СЗМ изображений. Вычитание постоянной составляющей. Вычитание постоянного наклона. Устранение искажений, связанных с неидеальностью сканера. Фильтрация СЗМ изображений. Медианная фильтрация. Усреднение по строкам Фурье. Методы восстановления поверхности по ее СЗМ изображению | 2 | 2 |  |
| 3.3 | Лабораторные (практические) работы  Принцип работы и конструкция сканирующих зондовых микроскопов на примере работы СЗМ NanoEducator |  | 10 |  | 10 |
| 3.3.1 | Лаб. работа № 1  Принцип работы и конструкция сканирующих зондовых микроскопов на примере работы СЗМ NanoEducator | 1.Конструкция СЗМ NanoEducator:  1.1.Зондовый датчик силового взаимодействия  1.2 Зондовый датчик туннельного тока  1.3 Механизм подвода зонда к образцу  1.4 Работа системы обратной связи  1.5 Подвод зонда  1.6 Техническая спецификация прибора  2. Подключение прибора  2.1 Установка ПО NanoEducator  2.2 Установка образца, выбор участка для исследования  2.3 Установка зондового датчика  2.4 Включение прибора  3. Интерфейс программы NanoEducator  3.1 Главное окно  3.2 Главное меню  3.3 Панель сессии  3.4 Панель параметров измерений  3.5 Панель состояния  3.6 Настройка интерфейса области измерений |  |  | *10* |
| 4. | Раздел 4.  «Сканирующая туннельная микроскопия» |  | 24 | 5 | 19 |
| 4.1 | Тема 1  Принцип работы и устройство сканирующего туннельного микроскопа | Принцип работы и устройство сканирующего туннельного микроскопа. Явление туннелирования. Обеспечение направленного движения электронов. Схема протекания туннельного тока между зондом и объектом. Перемещение зонда над поверхностью объекта.  Блок-схема СТМ. Электронные устройства, используемые в СТМ. Основы работы на микроскопе, на примере СММ-2000Т. | 2 | 2 |  |
| 4.2 | Тема 2  Технические возможности сканирующего туннельного микроскопа, требования к объектам исследования и область использования сканирующей туннельной микроскопии. | Технические возможности сканирующего туннельного микроскопа, требования к объектам исследования и область использования сканирующей туннельной микроскопии. Разрешение по нормали к исследуемой поверхности объекта. Разрешение в плоскости XY. Максимальный размер поля сканирования. Диапазон задаваемого напряжения U между зондом и поверхностью образца. Шероховатость поверхности. Проводимость материала. Конструкциями головки СТМ. Различные области использования сканирующей туннельной микроскопии | 3 | 3 |  |
| 4.3 | Лабораторные (практические) работы  Работа в режиме сканирующей туннельной микроскопии |  | 19 |  | 19 |
| 4.3.1 | Лаб. работа № 2  Работа в режиме сканирующей туннельной микроскопии на микроскопе NanoEducator | 1. Подготовка к измерениям 2. Настройка параметров 3. Выбор контроллера 4. Выбор конфигурации прибора 5. Подвод зонда к образцу 6. Настройка параметров подвода 7. Сканирование 8. Индикация параметров и визуализация данных во время сканирования 9. Туннельная спектроскопия 10. Сохранение результатов измерений 11. Завершение работы программы NanoEducator |  |  | *12* |
| 4.3.2 | Лаб. работа № 3  Работа в режиме сканирующей туннельной микроскопии на микроскопе СММ-2000 | 1. Конструкция микроскопа СММ-2000  1.1 Конструкция головки микроскопа  1.2 Программное обеспечение микроскопа «ScanMaster»  2. Режим сканирующей туннельной микроскопии  2.1 Закрепление и обновление СТМ – иглы  2.2 Крепление образца в СТМ-режиме  2.3 Установка СТМ – столика.  2.4 Включение и настройка СТМ-режима  2.5 Выбор области сканирования  2.6 Выбор параметров сканирования  2.7 Подвод иглы к образцу  2.8 Сканирование образца и настройка параметров  2.9 Сканирование с перезапуском и вторым кадром  2.10 Выход из режима сканирования и выключение |  |  | *7* |
| 5 | Раздел 5.  «Атомно-силовая канирующая микроскопия» |  | 26 | 6 | 20 |
| 5.1 | Тема 1  Принцип работы атомно-силовых микроскопов. | Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Дипольное взаимодействие атомов оптической регистрации изгиба консоли зондового датчика АСМ. Соответствие между типом изгибных деформаций консоли зондового датчика и изменением положения пятна засветки на фотодиоде. Зондирование поверхности в атомно-силовом микроскопе. Кантилеверы. Коэффициенты жесткости кантилеверов. Основные моды изгибных колебаний консоли. Основные этапы процесса изготовления зондовых датчиков | 2 | 2 |  |
| 5.2 | Тема 2  Контактная, бесконтактная и «полуконтактная» атомно-силовая микроскопия | Контактная, бесконтактная и «полуконтактная» атомно-силовая микроскопия. Формирование АСМ изображения при постоянной силе взаимодействия зонда с образцом. Формирование АСМ изображения при постоянном расстоянии между зондовым датчиком и образцом. Недостатки контактных АСМ методик. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Система управления АСМ при работе кантилевера в контактном режиме. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный режим колебаний кантилевера АСМ. "Полуконтактный" режим колебаний кантилевера АСМ. Выбор рабочей точки при "полуконтактном" режиме колебаний кантилевера. | 4 | 4 |  |
| 5.3 | Лабораторные (практические) работы | Работа на микроскопе в режиме атомно-силовой микроскопии. | 20 |  | 20 |
| 5.3.1 | Лаб. работа № 4  Работа на микроскопе NanoEducator в режиме атомно-силовой микроскопии | 1. Подготовка к измерениям 2. Настройка параметров 3. Выбор контроллера 4. Выбор конфигурации прибора 5. Подвод зонда к образцу 6. Настройка параметров подвода 7. Сканирование 8. Индикация параметров и визуализация данных во время сканирования 9. Атомно-силовая спектроскопия 10. Литография |  |  | *12* |
| 5.3.2 | Лаб. работа № 5  Работа на микроскопе СММ-2000 в режиме атомно-силовой микроскопии. | 1. Установка кантилевера в АСМ-столик 2. Установка образца для АСМ-режима 3. Установка и настройка АСМ-столика 4. Включение и настройка АСМ-режима 5. Подвод и сканирование в АСМ-режиме |  |  | *8* |
|  | *ИТОГО* |  | 102 | 64 | 38 |

# **3. условия реализации УЧЕБНОЙ дисциплины**

**3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению**

Реализация учебной дисциплины требует наличия

учебного кабинета Технологии машиностроения; мастерских: слесарной , механической.

Оборудование учебного кабинета Технологии машиностроения:

**Технические средства обучения**: программное обеспечение общего и профессионального назначения, автоматизированное место преподавателя, автоматизированные рабочие места учащихся, интерактивная доска, кабинета технологии машиностроения: демонстрационный комплекс (оверхед-проектор, комплект кодотранспорантов);

компьютерного класса: ПК, принтер, сканер.

**Документационное обеспечение**: паспорт кабинета; ФГОС СПО/ВПО по специальности; план работы учебного кабинета; план работы СНО; журнал по технике безопасности.

**Учебно-материальное обеспечение**: перечень лабораторных и практических работ по дисциплине;

наличие:

- инструкций;

- методических пособий;

- раздаточного дидактического материала;

- оценочные материалы;

- методические рекомендации по выполнению курсового и дипломного проектирования;

- методические рекомендации для организации самостоятельной деятельности студентов;

- электронные образовательные ресурсы;

Оборудование мастерской и рабочих мест мастерской:

слесарной:

рабочие места, станки настольно-сверлильные, заточные, и др., набор слесарных инструментов, набор измерительных инструментов, приспособления, заготовки;

механической:

станки токарные, фрезерные, сверлильные, заточные, шлифовальные, наборы инструментов, приспособлений, заготовки.

участок станков с ЧПУ: станки с ЧПУ, технологическая оснастка, инструменты, заготовки.

# **3.2. Информационное обеспечение обучения**

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

Основные источники:

Схиртладзе А.Г. Работа оператора на станках с программным управлением. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2010.

Дополнительные источники:

# Аверьянова И.О., Клепиков В.В. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки. Учебное пособие. – М.: Форум, 2012.

# Давыдова И.В. Технологические основы обеспечения качества изделий. Учебное пособие. Ростов н/Д: ДГТУ, 2011.

# Новиков В.Ю., Ильянков А.И. Технология машиностроения. Практикум и курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – 2-е изд. – М.: Академия, 2013.

# Новиков В.Ю., Ильянков А.И. Технология машиностроения. Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. В 2-х частях. – 2-е изд. – М.: Академия, 2012.

Таратынов О.В., Базров Б.М., Клепиков В.В. Технология машиностроения. Основы проектирования на ЭВМ. – М.: Форум, 2011.

# **4. Контроль и оценка результатов освоения УЧЕБНОЙ Дисциплины**

# **Контроль и оценка** результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

|  |  |
| --- | --- |
| **Результаты обучения**  **(освоенные умения, усвоенные знания)** | **Формы и методы контроля и оценки результатов обучения** |
| Освоенные умения: |  |
| * свободно ориентироваться в основных методах сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ); * подготавливать нанообъекты к проведению исследований; * самостоятельно разрабатывать методику и проводить исследования поверхностей методами туннельной и атомно-силовой микроскопии; * обрабатывать экспериментальные результаты с привлечением соответствующего математического и программно-алгоритмического аппарата и компьютерных средств. | *Самооценка.*  *Оценка преподавателя в ходе проведения лабораторных работ и практических занятий.*  *Наблюдение, тестирование.*  *Контрольные работы.*  *Дифференцированный зачет.* |
| Усвоенные знания: |
| * тенденции и современные методы исследований в области наноиндустрии; * суть эффектов и процессов, лежащих в основе методов исследований в области наноиндустрии; * современную приборную базу и программное обеспечение в различных методах СЗМ. |