

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

« 07 » \_\_\_\_\_ 04 \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Автоматизация проектирования наносистем

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	7/252	36	36	36	108	экзамен (36), КР
<b>Итого</b>	<b>7/252</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	<b>экзамен (36), КР</b>

г.Владимир, 2015 г.

## **1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины «Автоматизация проектирования наносистем» студентами направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» предполагает знакомство с математическими моделями и формализмом для выполнения расчетов при решении конкретных технических задач, связанных с практическим применением наноматериалов, совершенствование навыков программирования и математического анализа для построения моделей процессов нанотехнологии.

**Целью** освоения дисциплины является изучение базовых принципов для моделирования процессов в наносистемах, а также способов их конструирования с помощью средств автоматизированного проектирования.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение средств автоматизации процесса проектирования наносистем;
- знакомство со способами проектирования устройств и компонентов систем в нанотехнологии;
- изучение технологий по созданию наносистем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Автоматизация проектирования наносистем» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП подготовки бакалавров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Изучение дисциплины предполагает наличие фундаментальных знаний, которые формируются у студентов при изучении предшествующих дисциплин: «Физика», «Математика», «Основы кристаллографии», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Введение в нанотехнологию», «Квантовая и статистическая физика».

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по направлению подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

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

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- 1) готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);
- 2) способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);
- 3) способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);
- 4) способностью использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9);

- 5) способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать: современные САПР наносистем, методы моделирования структурообразования нанокластеров,. (ОПК-7); современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей (ОПК-4); основные приемы обработки данных (ОПК-7); методы информационных технологий (ОПК-9); современные компьютерные технологии (ПК-1).
- 2) Уметь: создавать проекты наносистем в программных средствах nanoXplorer, nanoML, САПР SenTaurus (ОПК-4, ОПК-5, ПК-1); учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники (ОПК-7); использовать навыки работы с компьютером (ОПК-9).
- 3) Владеть: методами проектирования наносистем, а также приемами конструирования математических и компьютерных моделей (ОПК-4, ОПК-9); способностью использовать основные приемы обработки данных (ОПК-5); способностью учитывать современные тенденции развития электроники (ОПК-7); способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии (ПК-1).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Современные САПР наносистем.	6	1-15	30	-	30	30	-	72	-	12/20%	Рейтинг-контроль №1, Рейтинг-контроль №2
2	Проектирование систем на основе наноструктур.	6	16-18	6	-	6	6	-	36	-	9/75%	Рейтинг-контроль №3
Всего		6	18	36	-	36	36	-	108	+	21/29%	Экзамен, 36

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### ЛЕКЦИИ

#### Раздел 1. Современные САПР наносистем.

- 1.1. Обзор современных САПР наносистем. Сопоставительный анализ (2ч.)
- 1.2. Графическая интерактивная система проектирования МКНН nanoXplorer, функциональные возможности и интерфейс системы. (2ч.)

- 1.3. Панели инструментов, структура рабочего поля, режим drag-and-drop выполнения команд проектирования (4ч.)
- 1.4. Команды редактирования и масштабирования нанообъектов.(2ч.)
- 1.5. Иерархическое проектирование наноструктур. Менеджер иерархических узлов(2ч.)
- 1.6. Использование готовых узлов. Методика создания моделей наносистем.(4ч.)
- 1.7. Ввод в систему проектов на языке описания наноструктур nanoML (2ч.)
- 1.8.Метод конечных элементов как основной математический аппарат системы приборно-технологического САПР SenTaurus. (2ч.)
- 1.9. Методы моделирования роста наноструктур. (2ч.)
- 1.10. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок. (2ч.)
- 1.11. Методы моделирования квазикристаллов и фрактальных наноструктур. (2ч.)
- 1.12. Основные понятия теории роста квантовых точек. Визуализация процесса роста. (2ч.)
- 1.13. Компьютерный «наноскоп»: моделирование роста диэлектриков (S) и полупроводниковых нанокластеров ( $C_{14}H_{10}$ ). (2ч.)

## **Раздел 2. Проектирование систем на основе наноструктур**

- 2.1. Проектирование радиотехнических наноэлементов и наносистем. (2ч.)
- 2.2. Проектирование неперiodических сверхрешеток. (2ч.)
- 2.3. Электродинамическое моделирование и проектирование фрактальных антенных систем. (2ч.)

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

- Тема 1. Современные программы САПР наносистем. (2ч.)
- Тема 2. Система проектирования МКНН nanoXplorer. (4ч.)
- Тема 3. Редактирование и масштабирование нанообъектов (2ч.)
- Тема 4. Иерархическое моделирование наноструктур. Шаблоны (2ч.)
- Тема 5. Использование готовых узлов (2ч.)
- Тема 6. Язык описания наноструктур nanoML. (4ч.)
- Тема 7. Приборо-схематическое моделирование САПР SenTaurus. (4ч.)
- Тема 8. . Критерий существования упаковки. Выбор дискретного пространства в моделировании роста структур (2ч.)
- Тема 9. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок (двумерный случай) (2ч.)
- Тема 10.Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок (трехмерный случай) (2ч.)
- Тема 11. Методы моделирования квазикристаллов и фрактальных наноструктур (4ч.)
- Тема 12. Расчет компонентов радиотехнических микро- и наносхем (4ч.)
- Тема 13. Конструирование сверхрешеток на основе квантовых точек. (2ч.)

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

1. Система nanoXplorer 4ч.
2. САПР SenTaurus. 4ч.
3. Язык nanoML. 4ч.
4. Метод дискретного моделирования (структурообразование органических полупроводников). 6ч.
5. Метод дискретного моделирования (структурообразование диэлектриков на примере серы). 6ч.
6. Получение разбиения на молекулярные полиэдры, кластеризация твердотельных структур в методе дискретного моделирование. 4ч.
7. Получение диаграмм направленности антенн фрактального типа методами САПР. 4ч.

8. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР. 4ч.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В рамках лекционного курса:

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

### **5.2. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы, к практическим занятиям. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора. Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

### **5.4. Рейтинг-контроль**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

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

### **6.1. Экзаменационные вопросы**

1. Современных САПР наносистем.
2. Режим drag-and-drop выполнения команд проектирования.
3. Редактирования и масштабирования нанообъектов.
4. Иерархическое проектирование наноструктур.
5. Система проектов на языке описания наноструктур nanoML.
6. Метод конечных элементов. Системы приборно-технологического САПР SenTaurus
7. Методы моделирования наноструктур.
8. Метод дискретного моделирования.
9. Получение разбиения на молекулярные полиэдры, кластеризация твердотельных структур.
10. Диаграммы направленности антенн фрактального типа.
11. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР.

### **6.2. Вопросы рейтинг-контроля**

#### **Рейтинг-контроля №1**

1. Современные программы САПР наносистем.

2. Система проектирования МКНН nanoXplorer.
3. Редактирование и масштабирование нанообъектов.
4. Иерархическое моделирование наноструктур.

#### **Рейтинг-контроля №2**

1. Язык описания наноструктур nanoML.
2. Приборо-схематическое моделирование САПР SenTaurus.

#### **Рейтинг-контроля №3**

1. Метод дискретного моделирования.
2. Проектирование сверхрешеток и гетероструктур.
3. Проектирование антенн фрактального типа.

#### **6.3. Вопросы для контроля самостоятельной работы:**

1. Физико-математические модели радиоэлектронных компонентов: резисторы, конденсаторы, индуктивности, диоды, транзисторы, трансформаторы, коммутационные линии.
2. Физико-технологические и топологические модели элементной базы интегральных микросхем: моделирование базовых технологических операций, аналитическое описание фрагментов базовых биполярных и униполярных структур, эффекты масштабирования.
3. Методика расчета эквивалентных механических параметров мембран сложной топологии для элементов микросистемной техники.
4. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов.

#### **6.4. Примерные темы курсовых работ**

- 1) Расчет и проектирование туннельного диода с сильнолегированными областями перехода.
- 2) Расчет и проектирование обращенного диода для детектирования слабых сигналов СВЧ-диапазона.
- 3) Проектирование туннельного диода для схемы автогенераторов колебаний.
- 4) Расчет конструкции пьезоэлектрического и магнитострикционного микроактюатора.
- 5) Проектирование элементов управления оптическим излучением: электро-, акусто-, магнитооптическая ячейки.
- 6) Моделирование распространения света в планарном волноводе с учетом рассеяния света на микронеоднородностях.
- 7) Расчет и моделирование процесса получения наноструктурированного покрытия методом молекулярно-лучевой эпитаксии.
- 8) Расчет и моделирование процесса получения наноструктурированного покрытия методом физико-химической самосборки.
- 9) Моделирование формирования наноразмерных кластеров с помощью метода диффузионно-локального осаждения.
- 10) Моделирование формирования пленочных структур методом Ленгмюра-Блоджетт.
- 11) Расчет и проектирование баллистического (без рассеяния) полевого транзистора (транзистор Датта–Даса).
- 12) Расчет и проектирование транзистора с применением спинового клапана (с использованием магнитного туннельного перехода).
- 13) Расчет и моделирование микропотоков жидкости и газа в капиллярах и микроклапанах.
- 14) Проектирование полупроводникового инжекционного лазера с заданными параметрами спектральной перестройки, частотной модуляции и частотной стабилизации.
- 15) Моделирование криотрона для использования в вычислительных информационных системах.

16) Моделирование логических элементов для вычислительных систем на основе эффекта Джозефсона.

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

### **Основная литература:**

1. Введение в фемтонанопонику. Фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие/ С.М. Аракелян и др.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2015.— 744 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.
3. Держинский Р.И. Уравнения математической физики: курс лекций/ Держинский Р.И., Логинов В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015.— 66 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Никулин К.С. Математическое моделирование в системе Mathcad: методические рекомендации по выполнению контрольных работ по курсу «Компьютерное инженерное моделирование»/ Никулин К.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009.— 65 с.
2. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с.
3. Методы математической физики: учебное пособие/ Ю.В. Гриняев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.— 148 с.

### **Интернет-ресурсы:**

1. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов «МИНКРИСТ»// Режим доступа: <http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/>
2. Кембриджский банк структурных данных// Режим доступа: [http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client\\_log\\_in.php?first\\_attempt=1](http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client_log_in.php?first_attempt=1)
3. Инженерное проектирование nanoXplorer // Режим доступа: <http://st07.ru/technology/nano/5/19.htm>
4. Системы автоматизированного проектирования // Режим доступа: [http://www.edamc.mirea.ru/files/Lecture\\_1\\_Altium.pdf](http://www.edamc.mirea.ru/files/Lecture_1_Altium.pdf)

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

Лекционные аудитории, оснащённые доской и переносным проектором для проведения занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов. Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Рабочую программу составили старший преподаватель каф. ФиПМ Горшков К.А.  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Квасов Д.С. Генеральный директор ООО "НС Сервис"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2019-2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.08.19 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_