

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



**«УТВЕРЖДАЮ»**  
 Проректор  
 по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 14 » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы моделирования микро- и наносистем»**

Направление подготовки: 28.03.02 Наноинженерия

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования: бакалавриат

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).
5	5, 180	36	-	36	72	экзамен (36ч)
Итого	5, 180	36	-	36	72	экзамен (36ч)

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Основы моделирования микро - и наносистем» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

Код цели	Формулировка цели
Ц1	Подготовка выпускников к <i>научно-исследовательской и инновационной деятельности</i> в области нанотехнологий и нанодиагностики, в том числе междисциплинарных областях, связанных с выбором необходимых методов исследования, модифицирования существующих и разработки новых технологий исходя из задач конкретного исследования.
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности</i> , включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий

Целями освоения дисциплины «Основы моделирования микро - и наносистем» являются:

- изучение методов формального описания компонентов микро - и наносистем в расчетных моделях;
- изучение методов моделирования при наличии компонентов микро - и наносистем;
- изучение методов моделирования базовых процессов при изготовлении компонентов микро- и наносистем;
- изучение численных методов и комплексов математического программирования при моделировании компонентов и микро- и наносистем.
- формирование у студентов знаний по основам составления моделей наносистем, исследования этих моделей и обработки результатов таких исследований;
- воспитание ответственности за продукт своих разработок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы моделирования микро - и наносистем» относится к вариативной части базовых дисциплин (Б1.В.ОД.6).

Для успешного изучения дисциплины «Основы моделирования микро - и наносистем» студенты должны быть знакомы с основными положениями курсов «Высшая математика» и «Компьютерные технологии в машиностроении», «Физико-механические компоненты наносистем».

Из дисциплины «Высшая математика» студент должен знать:

- матричные операции;
- множества и операций над ними;
- методы решения дифференциальных уравнений;
- интегральные исчисления;

Из дисциплины «Компьютерные технологии в машиностроении» студент должен знать:

- основы работы с MathCAD;
- решение уравнений;
- интерполяция и предсказание;
- математическая обработка результатов экспериментальных данных.

владеть:

- навыками решения задач в MathCad;
- самостоятельной реализации основных этапов решения несложных задач;

Из дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий» студент должен знать:

- что такое наноструктурные состояния;

- основные теоретические положения неравновесной термодинамики локальных структурных превращений в твердых телах в неоднородных полях внешних воздействий;
- основные причины зарождения всех видов дефектов, пор, трещин и изменения структурно-фазового состояния.
- механизмы стабилизации наноструктурных кристаллических состояний.

Дисциплина «Моделирование микро - и наносистем» является частью блока дисциплин посвященных теоретическому изучению свойств и поведения наноструктурированных объектов, наносистем и процессов.

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

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

**Р1, Р2, Р4, Р5** (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

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

способностью в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов (ПК-1):

*знать:* инженерные комплексы для создания математических моделей макетов изделий и их модулей;

*уметь:* применять инженерные комплексы при разработке макетов изделий и их модулей;

*владеть:* навыками использования инженерных комплексов при разработке макетов изделий и их модулей;

способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические) (ПК-6):

*знать:* специализированные программные средства, обеспечивающие автоматизированное проектирование наносистем;

*уметь:* применять физико-математические методы при моделировании объектов наносистем и процессов;

*владеть:* навыками применения прикладных программных средств в области моделирования объектов наносистем и процессов.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 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
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	<b>Раздел 1 Моделирование процессов теплового и механического взаимодействия микро- и нанообъектов и систем</b>	5									
1.1	Механика контактного взаимодействия деформируемых тел. Особенности решения задач контактного взаимодействия при наличии наноструктурированных покрытий на поверхностях контакта.		1-2	4		4		8		4/50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
1.2	Уравнение теплопроводности, постановка краевой задачи. Граничные и начальные условия. Моделирование теплопередачи при наличии наноструктурированных покрытий		3-4	4		4		8		4/50%	
1.3	Моделирование тепловых процессов лазерных микро- и нанотехнологий. Уравнение теплопроводности при движущемся источнике тепла, моделирование процессов лазерной обработки детали сканирующим пучком		5-6	4		4		8		4/50%	
2	<b>Модуль 2. Методы моделирования, учитывающие влияние структуры на теплофизические характеристики микро- и нанообъектов и систем</b>										
2.1	Применение метода источников для исследования температурного распределения в облучаемом объекте при лазерной обработке поверхности		7-8	4		4		8		4/50%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>
2.2	Моделирование теплофизических свойств наноструктурных композиционных материалов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• тепловое расширение наноструктурных композиционных материалов, с учетом влияния вида и формы частиц наполнителя, свойств матрицы, адгезии и анизотропии свойств;</li> <li>• теплоемкость наноструктурных композиционных</li> </ul>		9-10	4		4		8		4/50%	

	материалов ; • теплопроводность наноструктурных композиционных материалов.									
2.3	Механические свойства наночастиц. Моделирование механических свойств наночастиц и наносистем методами квантовой механики	11-12	4		4		8		4/50%	
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Моделирование процессов структурирования, деформирования и разрушения микро- и нанообъектов и систем.</b>									
3.1	Моделирование атомной структуры и формы нанообъектов. Электронная структура наноразмерных систем	13-14	4		4		8		4/50%	
3.2	Теоретические подходы к общим принципам описания квантовых механизмов процессов самоорганизации и самосборки неравновесных квантовых наносистем.	15-16	4		4		8		4/50%	
3.3	Многомасштабное моделирование процессов деформирования и разрушения наноструктурных материалов, микро- и наноразмерных систем.	17-18	4		4		8		4/50%	
<b>ИТОГО</b>			36		36		72		36/50%	<b>Экзамен (36ч.)</b>

## Лекции

Тема 1. Механика контактного взаимодействия деформируемых тел. Особенности решения задач контактного взаимодействия при наличии наноструктурированных покрытий на поверхностях контакта.

Тема 2. Уравнение теплопроводности, постановка краевой задачи. Граничные и начальные условия. Моделирование теплопередачи при наличии наноструктурированных покрытий.

Тема 3. Моделирование тепловых процессов лазерных микро– и нанотехнологий. Уравнение теплопроводности при движущемся источнике тепла, моделирование процессов лазерной обработки детали сканирующим пучком.

Тема 4. Основные принципы и технологии компьютерного моделирования эволюции под нагрузкой мезообъемов конструкционной нанокерамики.

Тема 5. Моделирование теплофизических свойств наноструктурных композиционных материалов:

- тепловое расширение наноструктурных композиционных материалов, с учетом влияния вида и формы частиц наполнителя, свойств матрицы, адгезии и анизотропии свойств;
- теплоемкость наноструктурных композиционных материалов;
- теплопроводность наноструктурных композиционных материалов.

Тема 6. Механические свойства наночастиц. Моделирование механических свойств наночастиц и наносистем методами квантовой механики.

Тема 7. Моделирование атомной структуры и формы нанообъектов. Электронная структура наноразмерных систем.

Тема 8. Теоретические подходы к общим принципам описания квантовых механизмов процессов самоорганизации и самосборки неравновесных квантовых наносистем.

Тема 9. Многомасштабное моделирование процессов деформирования и разрушения наноструктурных материалов, микро- и наноразмерных систем.

## Лабораторные работы

1. Моделирование контактного взаимодействия при наличии наноструктурированных покрытий на поверхностях контакта.
2. Моделирование стационарных и нестационарных процессов теплопередачи для объектов с многослойной структурой.
3. Моделирование теплового состояния объекта при лазерном облучении.
4. Моделирование теплофизических свойств наноструктурных композиционных материалов.
5. Моделирование упругих свойств нанокластеров.
6. Моделирование упруго-пластического состояния образца с нанокомпозитным покрытием при внедрении индентора.
7. Моделирование атомной структуры, вычисление энергии межатомных связей.
8. Моделирование процессов деформирования макроскопических объектов на макро-, мезо- и микроуровнях.
9. Математическое моделирование самосборки и самоорганизация наносистем.

## 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	СРС
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; УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Вопросы к рейтинг-контролю №1

1. Дать определения: тепловой поток, тепловая мощность, температурное поле, изотерма, температурный градиент.
2. Закон Фурье.
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности, граничные условия теплообмена.
4. Решение уравнения теплопроводности для плоской стенки с граничными условиями 1-го рода при стационарном режиме
5. Решение уравнения теплопроводности для плоской стенки с граничными условиями 2-го рода при стационарном режиме
6. Решение уравнения теплопроводности для плоской стенки с граничными условиями 3-го рода при стационарном режиме
7. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки с граничными условиями 1-го рода при стационарном режиме. Термическое сопротивление слоя.
8. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки с граничными условиями 2-го рода при стационарном режиме. Термическое сопротивление слоя.
9. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки с граничными условиями 3-го рода при стационарном режиме. Термическое сопротивление слоя.

10. Теплообмен излучением. Закон Кирхгофа.
11. Теплообмен излучением. Закон Ламберта.
12. Теплообмен излучением. Закон Планка.
13. Теплообмен излучением. Закон Вина.
14. Теплообмен излучением. Закон Стефана – Больцмана.
15. Теплообмен излучением. Поверхностная плотность потока излучения, спектральная плотность потока излучения, угловая плотность потока излучения, интенсивность излучения.
16. Коэффициент черноты, виды лучистых потоков.
17. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
18. Расчет температурных полей методом источников.
19. Применение метода источников для исследования теплового состояния облучаемого объекта.

### **Вопросы к рейтинг-контролю №2**

1. Теория упругости, вариационная постановка.
2. Упруго-пластическое деформирование. Теория течения.
3. Теория теплового расширения кристаллов
4. Феноменологическая теория теплового расширения твёрдых тел
5. Тепловое расширение наноструктурных композиционных материалов
6. Тепловое расширение анизотропных наноструктурных композиционных материалов
7. Модели теплоемкости наноструктурных композиционных материалов. Модель Тарасова.
8. Модели теплоемкости наноструктурных композиционных материалов. Модель Лифшица.
9. Модели теплоемкости наноструктурных композиционных материалов. Модель Хечта-Стокмайера.
10. Механизмы теплопереноса в твердых телах.
11. Модели Айлермана для расчета теплопроводности наноструктурных композиционных материалов
12. Ключевая роль производства энтропии в неравновесной термодинамике локальных структурных превращений в твердых телах в неоднородных полях внешних воздействий.

### **Вопросы к рейтинг-контролю №3**

1. Локальные зоны гидростатического растяжения как термодинамическая основа зарождения всех видов дефектов, пор, трещин и изменения структурно-фазового состояния.
2. Роль квазиаморфной фазы в стабилизации наноструктурных кристаллических состояний.
3. История возникновения понятий самосборки и самоорганизации, эволюция понятий, сходство и отличие.
4. Основные задачи при описании самосборки в микрокаплях и тонких пленках.
5. Движущие силы самосборки: взаимодействия основных компонентов системы в процессе самосборки
6. Супрамолекулярные системы, как механизм образования наноструктур.
7. Молекулярная самосборка, как механизм образования наноструктур.
8. Модели нанокластеров.
9. Использование моделей квантово-механического уровня для описания процессов образования и эволюции наносистем.
10. Использование методов молекулярной динамики для описания процессов образования и эволюции наносистем.



11. Использование методов физической мезомеханики и неравновесной термодинамики для описания процессов образования и эволюции наносистем.
12. Использование метода Монте-Карло для описания процессов образования и эволюции наносистем
13. Раскройте понятия масштабных и структурных уровней при решении задач деформации и разрушения наноструктурных материалов.
14. Алгоритм моделирования процесса деформации макроскопического объекта, в котором процесс деформации развивается на разных масштабных уровнях.

### Вопросы к экзамену

1. Дать определения: тепловой поток, тепловая мощность, температурное поле, изотерма, температурный градиент.
2. Закон Фурье.
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности, граничные условия теплообмена.
4. Решение уравнения теплопроводности для плоской стенки с граничными условиями 1-го рода при стационарном режиме
5. Решение уравнения теплопроводности для плоской стенки с граничными условиями 2-го рода при стационарном режиме
6. Решение уравнения теплопроводности для плоской стенки с граничными условиями 3-го рода при стационарном режиме
7. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки с граничными условиями 1-го рода при стационарном режиме. Термическое сопротивление слоя.
8. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки с граничными условиями 2-го рода при стационарном режиме. Термическое сопротивление слоя.
9. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки с граничными условиями 3-го рода при стационарном режиме. Термическое сопротивление слоя.
10. Теплообмен излучением. Закон Кирхгофа.
11. Теплообмен излучением. Закон Ламберта.
12. Теплообмен излучением. Закон Планка.
13. Теплообмен излучением. Закон Вина.
14. Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана.
15. Теплообмен излучением. Поверхностная плотность потока излучения, спектральная плотность потока излучения, угловая плотность потока излучения, интенсивность излучения.
16. Коэффициент черноты, виды лучистых потоков.
17. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
18. Расчет температурных полей методом источников.
19. Применение метода источников для исследования теплового состояния облучаемого объекта.
20. Теория упругости, вариационная постановка.
21. Упруго-пластическое деформирование. Теория течения.
22. Теория теплового расширения кристаллов
23. Феноменологическая теория теплового расширения твёрдых тел
24. Тепловое расширение наноструктурных композиционных материалов
25. Тепловое расширение анизотропных наноструктурных композиционных материалов
26. Модели теплоемкости наноструктурных композиционных материалов. Модель Тарасова.
27. Модели теплоемкости наноструктурных композиционных материалов. Модель Лифшица.

28. Модели теплоемкости наноструктурных композиционных материалов. Модель Хечта - Стокмайера.
29. Механизмы теплопереноса в твердых телах.
30. Модели Айлермана для расчета теплопроводности наноструктурных композиционных материалов.
31. Ключевая роль производства энтропии в неравновесной термодинамике локальных структурных превращений в твердых телах в неоднородных полях внешних воздействий.
32. Локальные зоны гидростатического растяжения как термодинамическая основа зарождения всех видов дефектов, пор, трещин и изменения структурно-фазового состояния.
33. Роль квазиаморфной фазы в стабилизации наноструктурных кристаллических состояний.
34. История возникновения понятий самосборки и самоорганизации, эволюция понятий, сходство и отличие.
35. Основные задачи при описании самосборки в микрокаплях и тонких пленках.
36. Движущие силы самосборки: взаимодействия основных компонентов системы в процессе самосборки
37. Супрамолекулярные системы, как механизм образования наноструктур.
38. Молекулярная самосборка, как механизм образования наноструктур.
39. Модели нанокластеров.
40. Использование моделей квантово-механического уровня для описания процессов образования и эволюции наносистем.
41. Использование методов молекулярной динамики для описания процессов образования и эволюции наносистем.
42. Использование методов физической мезомеханики и неравновесной термодинамики для описания процессов образования и эволюции наносистем.
43. Использование метода Монте-Карло для описания процессов образования и эволюции наносистем
44. Раскройте понятия масштабных и структурных уровней при решении задач деформации и разрушения наноструктурных материалов.
45. Алгоритм моделирования процесса деформации макроскопического объекта, в котором процесс деформации развивается на разных масштабных уровнях.

### **Самостоятельная работа студентов**

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- механизм образования наноструктур;
- наноструктурные материалы;
- функциональные и конструкционные наноматериалы.

Темы индивидуальных заданий:

Моделирование процессов микро- и наносистем с использованием математического комплекса MATLAB.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Погрешности вычислений, источники погрешностей, уменьшение погрешностей, устойчивость, корректность, сходимость.
- Численное интегрирование с использованием пакета MATLAB
- Методы решения алгебраических уравнений с использованием пакета MATLAB
- Методы решения дифференциальных уравнений первого и второго порядков с использованием пакета MATLAB.
- Методы решения систем линейных уравнений с использованием пакета MATLAB
- Использование метода Монте-Карло при решении дифференциальных уравнений в частных производных с использованием пакета MATLAB.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.В. Карманова. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976523036.html>.
2. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Старостин В.В. - М.: БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>.
3. Введение в нанотеплофизику [Электронный ресурс] / А.С. Дмитриев. - М.: БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996328703.html>.
4. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс] / Андриевский Р.А. - М.: БИНОМ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325177.html>.
5. Поверхность и межфазные границы в окружающей среде. От наноуровня к глобальному масштабу [Электронный ресурс] / П. Морис; пер. с англ. под ред. В.И. Свитова. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - (Учебник для высшей школы). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329793.html>.

б) дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М.: БИНОМ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323784.html>.
2. Квантовая механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996329892.html>.
3. Наноматериалы [Электронный ресурс] / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - М.: БИНОМ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325313.html>.

в) Internet-ресурсы:

[www.intuit.ru/studies/courses/12176/1169/lecture/19595](http://www.intuit.ru/studies/courses/12176/1169/lecture/19595)  
[www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)  
[www.nanodigest.ru](http://www.nanodigest.ru)  
[www.portalnano.ru](http://www.portalnano.ru)  
[www.nano-info.ru](http://www.nano-info.ru)

### Учебно-методические издания

1. Иванченко А.Б. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы моделирования микро- и наносистем» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Иванченко А.Б. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы моделирования микро - и наносистем» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Иванченко А.Б. Оценочные средства по дисциплине «Основы моделирования микро - и наносистем» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; 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 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

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

1. Суперкомпьютер «СКИФ МОНОМАХ» производительностью 4,7 Т-Флопс.
2. Четыре компьютерных класса, обеспечивающие связь с суперкомпьютером «СКИФ МОНОМАХ».
3. Лицензионное программное обеспечение: университетские версии CAD/CAM/CAE-систем ANSYS, SolidWorks Simulation, математические пакеты Mathcad, MATLAB, система управления вычислительными экспериментами и визуализации результатов моделирования LabDesk, наноконструктор (Desktop-версия), квантово-механический комплекс моделирования и исследования свойств молекул GAMESS и Fire-Fly.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС  
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил к.т.н., доцент Иванченко А.В. АИВ  
(ФИО, подпись)

Рецензент (представитель работодателя):  
ЗАО «Рост-Плюс», заместитель директора

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения  
Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

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

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

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

(ФИО, подпись)