

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 образовательной деятельности

А.А. Панфилов

« 21 » 04 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)»

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)
4	7, 252	18	36	-	198	зачет с оценкой
Итого	7, 252	18	36	-	198	зачет с оценкой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)» 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 **Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)** являются:

- ознакомление с научными подходами к моделированию объектов и процессов на базе конечно-элементного анализа;
- освоение теории и методов конечно-элементного анализа, позволяющих строить модели объектов, систем и процессов и судить об их адекватности;
- ознакомление студентов с алгоритмами решения инженерных задач механики сплошных сред методами компьютерного моделирования с помощью пакетов прикладных программ, реализующих метод конечно-элементного анализа.
- формирование у студентов навыков разработки конечно-элементных моделей, исследования этих моделей и обработки результатов таких исследований;
- воспитание ответственности за продукт своих разработок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Системы конечно-элементного анализа (CAE – системы)» относится дисциплинам по выбору вариативной части дисциплин (Б1.В.ДВ.4).

Для успешного изучения дисциплины «Системы конечно-элементного анализа (CAE – системы)» студенты должны быть знакомы с основными положениями курсов «Высшая математика», «Прикладная механика», «САПР в машиностроении».

Из дисциплины «Высшая математика» студент должен знать:

- матричный анализ;
- векторный анализ;
- дифференциальное и интегральное исчисления функций одного и нескольких переменных;
- методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных;

Из дисциплины «Прикладная механика» студент должен знать:

- методы описания деформированного и напряженного состояний тела;
- механические свойства конструкционных материалов;
- модели для описания упругого и упруго-пластического деформирования тел.

Из дисциплины «САПР в машиностроении» студент должен знать:

- основы построения 3D – моделей в современных CAD - системах;
- основы построения сборок в современных CAD - системах;

Дисциплина «Системы конечно-элементного анализа (CAE – системы)» является частью блока дисциплин посвященных теоретическому изучению свойств и поведения объектов, систем и процессов машиностроения.

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: стандартные программные средства в разработке 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, реализующих методы конечно-элементного анализа, обеспечивающие автоматизированное проектирование наносистем;

уметь: применять физико-математические методы при моделировании объектов наносистем и процессов, используя конечно-элементный анализ;

владеть: навыками применения прикладных программных средств, реализующих конечно-элементный анализ для моделирования объектов наносистем и процессов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ 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	Теплонапряженное состояние конструкций										
1.1	Обзор и возможности современных CAE-систем. Использование CAE-систем для моделирования процессов и решения прикладных инженерно-технических задач. Типы конечных элементов и их полиномы. Функции формы для различных типов конечных элементов. Основные принципы создания конечно-элементных моделей.	4	1	2				22		1/50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
1.2	Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных CAE-систем.		3	2	4			22		3/50%	
1.3	Использование современных CAE-систем при решении задач термоупругости.		5	2	4			22		3/50%	
2	Нелинейный конструкционный анализ										
2.1	Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач		7	2	4			22		3/50%	<i>Рейтинг-контроль №2</i>

	теории упругости современными САЕ-системами.									
2. 2	Использование современных САЕ-систем при решении задач упругопластичности.	9	2	6			22		4/50%	
2. 3	Использование современных САЕ-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций.	11	2	4			22		3/50%	
3	Механика жидкости и газа									
3. 1	Использование современных САЕ-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики. Особенности решения при ламинарном и турбулентном течениях жидкости.	13	2	4			22		3/50%	<i>Рейтинг-контроль №3</i>
3. 2	Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами	15	2	6			22		4/50%	
3. 3	Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа.	17	2	4			22		3/50%	
ИТОГО				18	36		198		27/50%	

Темы практических работ

№ пп	Цели практических работ	Наименование практических работ
1.	<p>Раздел 1. Цель: Приобретение навыков создания расчетных моделей для определения теплового и напряженно-деформированного состояния конструкций на основе решения стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.</p>	<p>1. Расчет температурного поля конструкции в условиях изотермического теплообмена на основе решения стационарной задач теплопроводности методом конечных элементов. 2. Алгоритмы построения глобальной матрицы жесткости. 2. Расчет изменения температурного поля конструкции в условиях неизотермического теплообмена на основе решения нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов. 3. Расчет изменения напряженно-деформированного состояния конструкции в условиях неизотермического теплообмена на основе результатов решения нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов.</p>
2.	<p>Раздел 2. Цель: Приобретение навыков создания расчетных моделей для решения задач нелинейного конструкционного анализа методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.</p>	<p>1. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции при линейной и нелинейной постановках задачи методом конечных элементов. 2. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции в условиях контактного взаимодействия методом конечных элементов. 3. Определение собственных и вынужденных колебаний конструкции методом конечных элементов</p>
3.	<p>Раздел 3. Цель: Приобретение навыков создания расчетных моделей для решения задач механики жидкости и газа методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.</p>	<p>1. Решение задачи динамики движения жидкости в канале переменного сечения методом конечных элементов в условиях ламинарного и турбулентного потоков 2. Решение задачи гидродинамики течений со свободными границами методом конечных элементов. 3. Решение задачи обтекания тела потоком вязкого газа методом конечных элементов.</p>

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 практических 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 И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Вопросы рейтинг-контроля №1

1. Действия над матрицами (сложение, умножение, транспонирование и т.д.)
2. Дифференцирование матричных соотношений.
3. Матричная форма записи тензорных величин.
4. Методы решения линейных систем
5. Треугольные, ленточные и клеточные матрицы.
6. Системы линейных алгебраических уравнений. Линейные системы с разреженной матрицей.
7. Свойства разреженных матриц.
8. Локальная аппроксимация.
9. Виды конечных элементов.
10. Функции формы одномерного двухузлового конечного элемента.
11. Функции формы двумерного трехузлового конечного элемента.
12. Понятие L- координат.

Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Дифференциальное уравнение теплопроводности
2. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.

3. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
4. Возможные расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
5. Граничные условия теплообмена.
6. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
7. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
8. Возможные расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
9. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
10. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
11. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости
12. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.

Вопросы рейтинг-контроля №3

1. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.
2. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
3. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
4. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
5. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации
6. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов для течений с открытыми границами.
7. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.
8. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов, особенности моделирования ламинарных и турбулентных потоков.
9. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.
10. Особенности решения сопряженных задач тепломассообмена методом конечных элементов
11. Повышение эффективности вычислительных алгоритмов конечно-элементного анализа. Технология распараллеливания решателей.
12. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.
13. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач механики разрушения

Вопросы к зачету с оценкой

1. Действия над матрицами (сложение, умножение, транспонирование и т.д.).
2. Дифференцирование матричных соотношений.
3. Матричная форма записи тензорных величин.
4. Методы решения линейных систем.
5. Треугольные, ленточные и клеточные матрицы.
6. Системы линейных алгебраических уравнений. Линейные системы с разреженной матрицей.
7. Свойства разреженных матриц.
8. Локальная аппроксимация.

9. Виды конечных элементов.
10. Функции формы одномерного двухузлового конечного элемента.
11. Функции формы двумерного трехузлового конечного элемента.
12. Понятие L- координат.
13. Вариационный принцип Лагранжа.
14. Метод Ритца для решения краевых задач вариационного исчисления.
15. Метод Бубнова - Галеркина для решения дифференциальных уравнений с частными производными.
16. Метод Холецкого для решения системы линейных уравнений.
17. Конечно-элементная реализация метода Ритца.
18. Конечно-элементная реализация метода Бубнова - Галеркина.
19. Дифференциальное уравнение теплопроводности
20. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
21. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
22. Возможные расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
23. Граничные условия теплообмена.
24. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
25. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
26. Возможные расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
27. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
28. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
29. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости
30. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.
31. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.
32. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
33. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
34. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
35. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации
36. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов для течений с открытыми границами.
37. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.
38. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов, особенности моделирования ламинарных и турбулентных потоков.
39. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.
40. Особенности решения сопряженных задач тепломассообмена методом конечных элементов
41. Повышение эффективности вычислительных алгоритмов конечно-элементного анализа. Технология распараллеливания решателей.
42. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.

43. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач механики разрушения

6.3. Виды и формы самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- Методы решения задач механики разрушения методом конечных элементов, реализованные в современных САЕ - системах;
- Методы решения задач механики сплошных сред с подвижными границами методом конечных элементов, реализованные в современных САЕ - системах;

Темы индивидуальных заданий:

Проектирование 3D сборки и проведение термпрочностного анализа с использованием современных САЕ - систем.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Расчет больших деформаций методом конечных элементов в современных САЕ - системах;
- Решение сопряженных задач методом конечных элементов в современных САЕ – системах.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. "Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: Учеб. пособие по курсу "Геометрическое моделирование в САПР" / Е.Ю. Верхотуркин, В.Н. Пашенко, В.Б. Пясецкий. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836910.html>.
2. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: учебное пособие: в 2 ч. / А.Н. Гоц; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). — Изд. 2-е, испр. и доп. — Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2012-2013. — ISBN 978-5-9984-0307-1. Ч. 1: Ч. 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов по специальности 140501 - "Двигатели внутреннего сгорания", направления 140500 - "Энергомашиностроение". — Электронные текстовые данные (1 файл: 1,43 Мб). — 2012. — 151 с.: ил., табл. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 149-150. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0199-2. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2787/1/00289.pdf>>.
3. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: учебное пособие: в 2 ч. / А.Н. Гоц; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). — Изд. 2-е, испр. и доп. — Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2012-2013. — ISBN 978-5-9984-0307-1. Ч. 2: Ч. 2 [Электронный ресурс]: учебного пособия для вузов по направлению подготовки 141100 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания». — Электронные текстовые данные (1 файл: 1,46 Мб). — 2013. — 182 с.: ил., табл. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 180-181. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0318-7. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2272/1/01021.pdf>>.
4. Шаманин А.Ю. Расчеты конструкций методом конечных элементов в ANSYS [Электронный ресурс]: методические рекомендации / Шаманин А.Ю. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2012. — 72 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47951>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А.В. Котович, И.В. Станкевич. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703835678.html>.

б) дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Румянцев А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Румянцев А.В. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011. — 113 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23800>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел [Электронный ресурс]: учебник/ Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский

государственный технический университет, 2010. — 238 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45417>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маковкин Г.А., Лихачева С.Ю. — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 71 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16043>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS[Электронный ресурс]: Метод. указания / М.В. Мурашов. С.Д. Панин. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0343.html.
5. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование [Электронный ресурс] / Басов К.А. - М.: ДМК Пресс, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940743013.html>.

в) периодические издания:

1. Журнал «CADFEM REVIEW» / Научно-технический журнал от компании КАДФЕМ
2. Журнал «ANSYS Advantage. Русская редакция»/ Инженерно-технический журнал, официальное печатное издание компании ANSYS, Inc.

г) Internet–ресурсы:

www.all-library.com/ansys/
www.cadfem-cis.ru

Учебно-методические издания

1. Иванченко А.Б. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)» 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 «Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)» 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 «Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)» 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/>

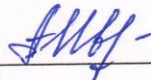
Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 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>

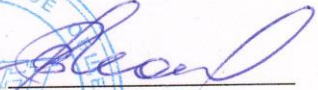
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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 Pro/ENGINEER, Pro/MECHANICA, ANSYS, SolidWorks Simulation, математические пакеты Mathcad, MATLAB.

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

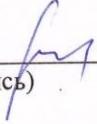
Рабочую программу составил к.т.н., доцент Шванченко А.Б. 
(ФИО, подпись)

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

Ионов В.В. 
(место работы, должность, ФИО, подпись)

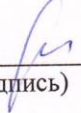
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 9/1 от 21.04.2016 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 № 9/1 от 21.04.2016 года

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