

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



по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 01 » 09 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА (САЕ-СИСТЕМЫ)**

Направление подготовки 27.03.05 Инноватика

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная, ускоренная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного кон- троля (экз./зачет)
2	1, 36				36	Зачет (переатте- стация)
4	4, 144	18	18		108	Зачет
Итого	5, 180	18	18		144	Зачет (переатте- стация), Зачет

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Системы конечно-элементного анализа (CAE-системы)» направлено на достижение следующих целей ОПОП 27.03.05 «Инноватика»:

Код цели	Формулировка цели
Ц1	Подготовка выпускников к <i>производственно-технологической деятельности</i> организации производства инновационного продукта; планирование и контроль процесса реализации проекта, в т.ч. с использованием информационно-коммуникационных технологий
Ц5	Подготовка выпускников к эффективному использованию и <i>интеграции знаний в области фундаментальных наук</i> для решения исследовательских и прикладных задач применительно к профессиональной деятельности.

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 27.03.05:

Р1, Р3, Р8 (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 27.03.05).

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

- способностью использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту (ОПК-2):  
*знать*: теоретические основы метода конечных элементов;  
*уметь*: разрабатывать расчетные схемы для решения инженерных задач методом конечных элементов;  
*владеть*: навыками реализации расчетных схем в САЕ – комплексах.
- способностью использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту (ПК-2):  
*знать*: особенности реализации теоретических основ метода конечных элементов в САЕ - комплексах;  
*уметь*: разрабатывать расчетные алгоритмы для решения инженерных задач методом конечных элементов в САЕ - комплексах;  
*владеть*: навыками моделирования физических процессов в САЕ – комплексах.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетная единица, 36 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	Основная концепция конечно-элементного анализа, локальная аппроксимация расчетной области, основные правила построения конечно-элементных моделей.	2						2			
2	Виды конечных элементов, их интерполяционные полиномы и функции формы.							4			
3	Интерполирование векторных величин при дискретизации одномерными, двумерными и трехмерными конечными элементами.							4			
4	Локальные системы координат (L- координаты) для одномерных, двумерных и трехмерных конечных элементов.							4			
5	Свойства интерполяционных полиномов (сходимость, непрерывность).							2			
6	Интерполяционные полиномы скалярных величин для дискретизованной области.							4			

7	Интерполяционные полиномы векторных величин для дискретизованной области.							4			
8	Алгоритм решения стационарных задач теории поля методом конечных элементов.							4			
9	Алгоритм решения нестационарных задач теории поля методом конечных элементов.							4			
10	Аппроксимация расчетных областей и объемов с криволинейными границами. Изопараметрические конечные элементы и их полиномы.							4			
ИТОГО								36			Зачет (переаттестация)

4 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 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	<b>Теплонапряженное состояние конструкций</b>										
1.1	Обзор и возможности современных САЕ-систем. Использование САЕ-систем для моделирования процессов и решения прикладных инженерно-технических задач.	4	1	2				10		1/50%	Рейтинг-контроль №1
1.2	Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов		3	2	2			10		2/50%	

	с использованием современных САЕ-систем.										
1.3	Использование современных САЕ-систем при решении задач термоупругости.	5	2	2			10		2/50%		
<b>2</b>	<b>Нелинейный конструкционный анализ</b>										
2.1	Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач теории упругости современными САЕ-системами.	7	2	2			10		2/50%	Рейтинг-контроль №2	
2.2	Использование современных САЕ-систем при решении задач упругопластичности.	9	2	2			10		2/50%		
2.3	Использование современных САЕ-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций.	11	2	2			10		2/50%		
<b>3</b>	<b>Механика жидкости и газа</b>										
3.1	Использование современных САЕ-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики. Особенности решения при ламинарном и турбулентном течениях жидкости.	13	2	4			16		3/50%	Рейтинг-контроль №3	
3.2	Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами.	15	2	4			16		3/50%		
3.3	Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа.	17	2				16		1/50%		
<b>ИТОГО</b>				18	18		108		18/50%	Зачет	
<b>Всего</b>				<b>18</b>	<b>18</b>		<b>144</b>		<b>18/50%</b>	<b>Зачет (переквалификация), Зачет</b>	

### Темы практических занятий

1. Расчет изменения температурного поля конструкции в условиях неизоэтермического теплообмена на основе решения нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов (2 часа).
2. Расчет изменения напряженно-деформированного состояния конструкции в условиях неизоэтермического теплообмена на основе результатов решения нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов (2 часа).
3. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции методом конечных элементов при линейной и нелинейной постановках задачи. (2 часа).
4. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции в условиях контактного взаимодействия методом конечных элементов. (2 часа).
5. Определение собственных и вынужденных колебаний конструкции методом конечных элементов (2 часа).
6. Решение задачи динамики движения жидкости в канале переменного сечения методом конечных элементов в условиях ламинарного и турбулентного потоков (4 часа).
7. Решение задачи гидродинамики течений со свободными границами методом конечных элементов (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 практических занятий 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**

### **2 семестр**

#### **Вопросы к зачету (переаттестация)**

1. Основная концепция конечно-элементного анализа, локальная аппроксимация расчетной области.
2. Основные правила построения конечно-элементных моделей.
3. Одномерные конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
4. Двумерные трехузловые конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
5. Двумерные четырехузловые конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
6. Трехмерные конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
7. Интерполирование векторных величин при дискретизации одномерными, двумерными и трехмерными конечными элементами
8. Локальные системы координат (L- координаты) для одномерных конечных элементов.
9. Локальные системы координат (L- координаты) для двумерных конечных элементов.
10. Локальные системы координат (L- координаты) для трехмерных конечных элементов.
11. Свойства интерполяционных полиномов (сходимость, непрерывность)
12. Интерполяционные полиномы скалярных величин для дискретизованной области
13. Интерполяционные полиномы векторных величин для дискретизованной области
14. Алгоритм решения стационарных задач теории поля методом конечных элементов.
15. Алгоритм решения нестационарных задач теории поля методом конечных элементов.
16. Аппроксимация расчетных областей и объемов с криволинейными границами. Одномерные конечные элементы высоких порядков и их полиномы.
17. Аппроксимация расчетных областей и объемов с криволинейными границами. Двумерные конечные элементы высоких порядков и их полиномы.

#### **Темы для самостоятельного изучения**

1. Основная концепция конечно-элементного анализа, локальная аппроксимация расчетной области, основные правила построения конечно-элементных моделей.
2. Виды конечных элементов, их интерполяционные полиномы и функции формы.
3. Интерполирование векторных величин при дискретизации одномерными, двумерными и трехмерными конечными элементами.
4. Локальные системы координат (L- координаты) для одномерных, двумерных и трехмерных конечных элементов.
5. Свойства интерполяционных полиномов (сходимость, непрерывность).
6. Интерполяционные полиномы скалярных величин для дискретизованной области.
7. Интерполяционные полиномы векторных величин для дискретизованной области.
8. Алгоритм решения стационарных задач теории поля методом конечных элементов.
9. Алгоритм решения нестационарных задач теории поля методом конечных элементов.
10. Аппроксимация расчетных областей и объемов с криволинейными границами. Изопараметрические конечные элементы и их полиномы.



## 4 семестр

### 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. Дифференциальное уравнение теплопроводности
9. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
10. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
11. Расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
12. Граничные условия теплообмена.
13. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
14. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
15. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
16. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
17. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости.
18. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.

### Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов.
2. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при подвижном контакте с трением.
3. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при соединениях с натягом.
4. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при температурных деформациях (в условиях возможного размыкания контакта).
5. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.
6. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
7. Теория течения, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
8. Особенности решения задач термопластичности при конечно-элементном прочностном анализе.
9. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
10. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
11. Повышение эффективности вычислительных алгоритмов конечно-элементного анализа. Технология распараллеливания решателей.
12. Возможности современных CAE-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.

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

### **Вопросы рейтинг-контроля №3**

1. Методы дискретизации уравнений движения вязкой жидкости и граничных условий.
2. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса.
3. Системы уравнений для вязкой несжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
4. Системы уравнений для вязкой сжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
5. Моделирование ламинарного движения несжимаемой вязкой жидкости.
6. Моделирование турбулентного движения несжимаемой вязкой жидкости.
7. Основные модели турбулентности в CFD пакетах.
8. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
9. Моделирование обтекания тела потоком вязкой несжимаемой жидкости.
10. Моделирование внешнего сжимаемого течения.
11. Моделирование периодического течения и теплопереноса (пример решения задачи расчета решетки теплообменника).
12. Моделирование течений со свободными границами.
13. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации
14. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов для течений с открытыми границами.
15. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.
16. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов, особенности моделирования ламинарных и турбулентных потоков.
17. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.
18. Особенности решения сопряженных задач тепломассообмена методом конечных элементов.

### **Вопросы к зачету**

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. Дифференциальное уравнение теплопроводности
9. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
10. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
11. Расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
12. Граничные условия теплообмена.
13. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
14. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.

15. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
16. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
17. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости.
18. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.
19. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов.
20. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при подвижном контакте с трением.
21. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при соединениях с натягом.
22. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при температурных деформациях (в условиях возможного размыкания контакта).
23. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.
24. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
25. Теория течения, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
26. Особенности решения задач термопластичности при конечно-элементном прочностном анализе.
27. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
28. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
29. Повышение эффективности вычислительных алгоритмов конечно-элементного анализа. Технология распараллеливания решателей.
30. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.
31. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач механики разрушения.
32. Методы дискретизации уравнений движения вязкой жидкости и граничных условий.
33. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса.
34. Системы уравнений для вязкой несжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
35. Системы уравнений для вязкой сжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
36. Моделирование ламинарного движения несжимаемой вязкой жидкости.
37. Моделирование турбулентного движения несжимаемой вязкой жидкости.
38. Основные модели турбулентности в CFD пакетах.
39. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
40. Моделирование обтекания тела потоком вязкой несжимаемой жидкости.
41. Моделирование внешнего сжимаемого течения.
42. Моделирование периодического течения и теплопереноса (пример решения задачи расчета решетки теплообменника).
43. Моделирование течений со свободными границами.
44. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации.
45. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов для течений с открытыми границами.
46. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.

47. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов, особенности моделирования ламинарных и турбулентных потоков.
48. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.
49. Особенности решения сопряженных задач тепломассообмена методом конечных элементов.

### **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 термочностного 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»
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](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 КАД-ФЕМ.
2. Журнал «ANSYS Advantage. Русская редакция»/ Инженерно-технический журнал, официальное печатное издание компании ANSYS, Inc.

г) Internet–ресурсы:

[www.all-library.com/ansys/](http://www.all-library.com/ansys/)  
[www.cadfem-cis.ru](http://www.cadfem-cis.ru)

#### **Учебно-методические издания**

1. Иванченко А.Б. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Системы конечно-элементного анализа (САЕ-системы)» для студентов направления 27.03.05 [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 (САЕ-системы)» для студентов направления 27.03.05 [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 (САЕ-системы)» для студентов направления 27.03.05 [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 Образовательная программа 27.03.05 «Инноватика» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=167>

## **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 27.03.05 «Инноватика» \_\_\_\_\_

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_

А.Б.Шванченко

(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Генеральный директор ООО «ТАГ-Инжиниринг», к.т.н.

Аракелян И.С.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 1 от 1.09.2016 года

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

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 27.03.05 «Инноватика» \_\_\_\_\_

Протокол № 1 от 1.09.2016 года

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

(ФИО, подпись)