

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 УМР

А.А.Панфилов

« 11 » 11 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении»**

Направление подготовки -13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль подготовки – «Двигатели внутреннего сгорания»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения - очная

Се- местр	Трудоем- кость зач. ед., час.	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лабо- рат. работы, час	СРС, час.	Форма про- межуточного контроля (экз./зачет)
8	3/108	8	-	16	84	зачет
Итого	3/108	8	-	16	84	зачет

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины «Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении» являются:

- изучение метода конечных элементов, реализованного в расчетных программах;
- формирование навыков выполнения расчетов на прочность деталей в энергомашиностроении;
- получение навыков работы с современными расчетными программами;
- получение навыков выполнения анализа результатов расчета, и их корректной интерпретации.

**Задачи дисциплины:**

- получение знаний и практических навыков проведения численных расчетов на прочность;
- формирование у студентов навыков использования современных компьютерных программ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВПО

Дисциплина «Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении» относится к вариативной части блока Б1 структуры бакалавриата.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики (дифференциальное и интегральное исчисление), физики (строение твердого тела), теории теплообмена, сопротивления материалов, численных методов расчета.

Знания о строении вещества, полученные при изучении физики, и твердого тела, полученные при изучении сопротивления материалов, позволяют студентам составить целостную, непротиворечивую картину физических процессов и явлений, происходящих при деформации твердого тела под действием различных сил.

Знания, полученные в курсе высшей математики позволяют существенно облегчить изучение математического аппарата, лежащего в основе описания метода конечных элементов.

Знания о способах передачи теплоты, полученные в процессе изучения теории теплообмена, позволяют проводить моделирование теплопередачи с помощью расчетных программ МКЭ.

Дисциплина «Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении» является важной составной частью процесса подготовки современного специалиста, владеющего перспективными методами разработки и исследования теплоэнергетических установок, способного к инновационной деятельности в условиях высокотехнологичной, модернизационной технологической и научной среды.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональных компетенций:

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** численные методы расчета для определения напряженно-деформированного состояния деталей двигателей.

**Уметь:** составлять конечно-элементные модели деталей поршневых двигателей.

**Владеть:** владеть методами расчета с использованием компьютерных программ.

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

##### «Использование метода конечных элементов в энергомашиностроении»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетную единицу, 108 часов, 8 семестр.

#### 4.1. Общеобразовательные модули дисциплины

№ 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	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Введение. Использование метода конечных элементов (МКЭ) в инженерных расчетах. Современные программные комплексы МКЭ.	8	1	1		1		4		1/50	
2	Перемещения, деформации и напряжения. Закон Гука. Типы анализов, проводимых в SolidWorks Simulation (SWS). Общая последовательность подготовки конечноэлементной модели и проведения расчета.	8	2-4	1		4		14		1/20	
3	Плоская и трехмерная постановка задачи.	8	5-7	1		2		14		0,5/15	Рейтинг-контроль №1
4	Типы конечных элементов, используемых в программе SWS.	8	8-9	1		2		14		1/33	
5	Задание физико-механических свойств материалов в программе SWS.	8	10-12	1		2		12		0,5/15	Рейтинг-контроль №2
6	Кинематические и статические граничные условия (ГУ). Соединения. Граничные условия теплообмена. Учет в конечноэлементной модели симметрии детали и приложенных нагрузок.	8	13-14	2		3		14		1/20	
7	Настройка решателя и запуск процесса вычисления. Команды просмотра результатов расчета. Определение коэффициента запаса прочности.	8	15-16	1		2		12		1/33	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 8 семестр</b>				<b>8</b>		<b>16</b>		<b>84</b>		<b>6/25</b>	<b>зачет</b>
<b>Итого за курс</b>				<b>8</b>		<b>16</b>		<b>84</b>		<b>6/25</b>	<b>зачет</b>

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

При проведении лекций и лабораторных занятий, консультаций используются различные образовательные технологии, например, модульное обучение, при котором по отдельным разделам курса (модулям) рассказывается, что необходимо изучить, цели и задачи изучения, как будет организована проверка изучаемого в модуле материала, где студенты должны использовать полученные знания при изучении новых специальных дисциплин. При проведении лабораторных работ используются интерактивные компьютерные технологии. При этом соблюдается постоянная

обратная связь преподавателя и студента. Например, выборочно задается студентам вопрос по некоторым изучаемым темам и студенты дают свои варианты ответов. В этом случае обеспечивается активная роль студентов на занятиях, так как отвечать на вопросы может каждый.

Занятия проводятся с использованием компьютерных технологий. Студентам выдается раздаточный материал (сложные схемы, чертежи и т.д.) с целью уменьшения затрат времени на оформление студентами чертежей и рисунков.

Информационные технологии (информационно-коммуникативные технологии) позволяют:

- сделать обучение более эффективным, вовлекая все виды чувственного восприятия студента с помощью мультимедийных функций компьютерных устройств;
- обучать студентов всех категорий независимо от уровня подготовки;
- обучать всех равноценно, независимо от места проживания.

На практических занятиях используются методы проблемного обучения – организация учебных занятий, которые предполагают создание под руководством преподавателя проблемных ситуаций и активную самостоятельную деятельность студентов по их разрешению, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей.

Усвоение студентами знаний, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем более прочные, чем при традиционном обучении. Кроме того, при таком обучении происходит воспитание активной, творческой личности студента, умеющего видеть и решать нестандартные профессиональные проблемы.

Студентам выдается индивидуальное задание. Под руководством преподавателя студенты решают возникшие проблемные ситуации, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками и умениями и развитие мыслительных способностей. При этом студенты используют учебные компьютерные программы для проведения расчетов, построения графиков.

Активно используются информационно-коммуникационные технологии – взаимный обмен электронного портфолио преподавателя и студента, что позволяет студенту использовать материалы из портфолио преподавателя, а преподавателю – лучшие работы студентов. Для этого широко используются интернет-ресурсы. Таким образом, создается единая образовательная среда, которая обеспечивает эффективное взаимодействие преподавателей и студентов.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе изучения дисциплины используют различные методы контроля. На занятиях проводится перекрестный опрос студентов с целью выяснения, как они усвоили предыдущий материал. Если требуется дополнительное изложение, то для этого используются часы консультаций.

Проводится рейтинг-контроль, который включает контроль самостоятельной работы студентов по освоению материала, прочитанного на лекциях и изученного на лабораторных занятиях.

Проверка выполненной самостоятельной работы студентов проводится как на лекционных, так и на лабораторных занятиях.

### **6.1. Вопросы на рейтинг-контроль**

#### **1-й рейтинг-контроль**

1. Суть метода конечных элементов. Дискретная и непрерывная величина (функция).
2. Алгоритм построения дискретной модели непрерывной функции.
3. САПР, их классификация, САПР для расчета на прочность, их преимущества и недостатки.
4. Статический линейный анализ на прочность.

5. Статический нелинейный анализ.
6. Линейная динамика.
7. Тепловой анализ. Анализ собственных колебаний.
8. Общая последовательность подготовки КЭ модели и проведения расчета.
9. Перемещения, деформации и напряжения. Закон Гука. Модуль упругости и коэффициент Пуассона.
10. Плоская задача теории упругости - плоское напряженное состояние.
11. Плоская задача теории упругости - плоская деформация.

### **2-й рейтинг-контроль**

1. Трехмерные конечные элементы.
2. Двухмерные конечные элементы.
3. Поверхностная модель из двухмерных конечных элементов.
4. Задание свойств материала в программе для изотропных материалов.
5. Задание свойств материала в программе для анизотропных материалов.
6. Граничные условия в программах расчета МКЭ. (определение, какие бывают, какие погрешности могут вносить в расчет и почему)

### **3-й рейтинг-контроль**

1. Кинематические и статические ГУ (определение). Кинематические ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (зафиксированная геометрия, ролик/ползун, зафиксированный шарнир, круговая симметрия, основание подшипника, болт).
2. Кинематические и статические ГУ (определение). Кинематические ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (для сборок – «жестко», «связать», «точечные сварные швы»).
3. Кинематические и статические ГУ (определение). Статических ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (сила, момент, давление, рабочая нагрузка, тепловая нагрузка).
4. Кинематические и статические ГУ (определение). Статических ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (граничные условия контакта компонентов в сборке, инерционные нагрузки).
5. Термический (тепловой) анализ. Способы теплообмена.
6. Термический (тепловой) анализ. ГУ теплообмена (1-го, 2-го и 3-го рода). ГУ для задачи теплопроводности, задаваемые в программе *SW Simulation*.
7. Настройка решателя и запуск процесса вычисления. Команды просмотра результатов расчета.
8. Расчет коэффициента запаса прочности.

### **6.2. Вопросы к зачету**

1. Суть метода конечных элементов. Дискретная и непрерывная величина (функция).
2. Алгоритм построения дискретной модели непрерывной функции.
3. САПР, их классификация, САПР для расчета на прочность, их преимущества и недостатки.
4. Статический линейный анализ на прочность.
5. Статический нелинейный анализ.
6. Линейная динамика.
7. Тепловой анализ. Анализ собственных колебаний.
8. Общая последовательность подготовки КЭ модели и проведения расчета.
9. Перемещения, деформации и напряжения. Закон Гука. Модуль упругости и коэффициент Пуассона.
10. Плоская задача теории упругости - плоское напряженное состояние.
11. Плоская задача теории упругости - плоская деформация.
12. Трехмерные конечные элементы.
13. Двухмерные конечные элементы.
14. Поверхностная модель из двухмерных конечных элементов.
15. Задание свойств материала в программе для изотропных материалов.
16. Задание свойств материала в программе для анизотропных материалов.

17. Граничные условия в программах расчета МКЭ. (определение, какие бывают, какие погрешности могут вносить в расчет и почему)
18. Кинематические и статические ГУ (определение). Кинематические ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (зафиксированная геометрия, ролик/ползун, зафиксированный шарнир, круговая симметрия, основание подшипника, болт).
19. Кинематические и статические ГУ (определение). Кинематические ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (для сборок – «жестко», «связать», «точечные сварные швы»).
20. Кинематические и статические ГУ (определение). Статических ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (сила, момент, давление, рабочая нагрузка, тепловая нагрузка).
21. Кинематические и статические ГУ (определение). Статических ГУ, задаваемые в программе *SW Simulation* (граничные условия контакта компонентов в сборке, инерционные нагрузки).
22. Термический (тепловой) анализ. Способы теплообмена.
23. Термический (тепловой) анализ. ГУ теплообмена (1-го, 2-го и 3-го рода). ГУ для задачи теплопроводности, задаваемые в программе *SW Simulation*.
24. Настройка решателя и запуск процесса вычисления. Команды просмотра результатов расчета.
25. Расчет коэффициента запаса прочности.

### **6.3 Самостоятельная работа студентов**

СРС заключается в проработке учебной и научной литературы по теме занятий, поиске и обработке, по согласованию с научным руководителем, информации необходимой в подготовке экспериментальной части выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации). Написании, по обработанному таким образом самостоятельно материалу, рефератов, подготовке и проведению докладов. Тематика СРС выбирается индивидуально для каждого студента.

### **6.4. Вопросы для самостоятельной работы студента**

1. Расчет на прочность аналитически и численными методами.
2. Что такое САПР, CAD, CAE, CAM?
3. Из каких элементов состоит трехмерная геометрия детали?
4. Суть метода конечных элементов.
5. Непрерывная и дискретная функция.
6. Кусочно-непрерывная функция.
7. Современные программы расчета на прочность, их преимущества и недостатки.
8. Перемещения, деформации и напряжения.
9. Закон Гука, линейные и нелинейные материалы.
10. Статический линейный анализ на прочность.
11. Статический нелинейный анализ на прочность.
12. Анализ собственных колебаний.
13. Линейный динамический анализ.
14. Тепловой анализ.
15. Решение задачи теории упругости в осесимметричной постановке.
16. Решение задачи теории упругости в плоской постановке.
17. Отличие плоской деформации от плоского напряженного состояния.
18. Решение задачи теории упругости в трехмерной постановке.
19. Трехмерные конечные элементы.
20. Двухмерные конечные элементы.
21. Линейные и параболические конечные элементы.
22. Расчет оболочек как тонкостенных.
23. Расчет оболочек как толстостенных.
24. Способы задания свойств материалов в программе SWS.
25. Модели материала, поддерживаемые в программе SWS.
26. Изотропные и анизотропные материалы.

27. Линейные и нелинейные материалы.
28. Граничные условия, применительно к расчетным программам методом конечных элементов.
29. Кинематические и статические граничные условия.
30. Задание кинематических граничных условий в программе SWS.
31. Задание статических граничных условий в программе SWS.
32. Граничные условия компонентов в сборке.
33. Граничные условия на удалении.
34. Граничные условия теплообмена.
35. Инерционные нагрузки.
36. Прямой метод решения задачи МКЭ.
37. Итерационный метод решения задачи МКЭ.
38. Команды просмотра результатов расчета.
39. Расчет коэффициента запаса прочности для задачи в трехмерной постановке для хрупких и пластичных материалов.

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

### **а) Основная литература**

1. 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.
2. Глинкин С.А. Расчет деталей поршневых двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие/С.А. Глинкин; Владим. гос.ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.– Владимир:Изд-во ВлГУ, 2013 – 107 с.
3. Гоц А.Н.Численные методы расчета в энергомашиностроении: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2/ А.Н. Гоц; Владим. гос. Ун-т им. А.Г и Н.Г. Столетовых.– 2-е изд.; исп. и доп.– Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013.- 182 с.

### **б) Дополнительная литература**

1. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation [Электронный ресурс] / Алямовский А.А. - М. : ДМК Пресс, 2010. - (Серия "Проектирование")."
2. "COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks [Электронный ресурс] / Алямовский А.А. - М. : ДМК Пресс, 2010. - (Серия "Проектирование")."

### **в) Программное обеспечение**

1. Программа *Solid Works* с модулем конечно-элементного анализа *Simulation*.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИИ»**

На кафедре имеется компьютерный класс и программное обеспечение для выполнения лабораторных работ.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1083 от 01. 10. 2015 года, применительно к учебному плану направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования бакалавриат), утвержденному ректором ВлГУ 03.11.2015 г.

Рабочую программу составил доцент кафедры ТД и ЭУ, к.т.н. С.А. Журавлев  
(ФИО, подпись)



Рецензент:

Главный специалист ООО "ЗИП "КТЗ", д.т.н.

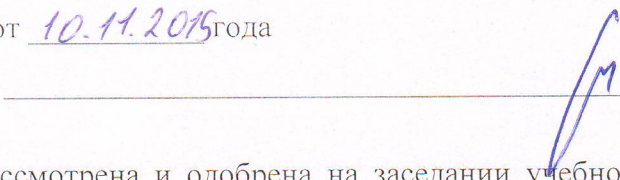


А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

Протокол № 9 от 10.11.2015 года

Заведующий кафедрой

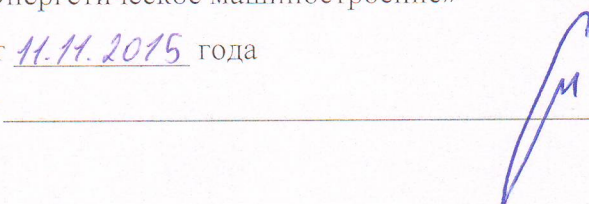


В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Протокол № 6 от 11.11.2015 года

Председатель комиссии



В.Ф. Гуськов



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭНЕРГО-  
МАШИНОСТРОЕНИИ»**

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

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

Заведующий кафедрой ТД иЭУ \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

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

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

Заведующий кафедрой ТД иЭУ \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

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

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

Заведующий кафедрой ТД иЭУ \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов