

15-16

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



УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор  
 по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 13 » февраля 2015г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

«Моделирование теплового и напряженно-деформированного  
 состояния деталей поршневых двигателей»

Направление подготовки 13.04.03 – Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки - Двигатели внутреннего сгорания

Уровень высшего образования – магистратура

Вид обучения – очное

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма проме- жуточного контроля (экз./зачет)
2	3/108	18	18	18	54	Зач., КП
Итого	3/108	18	18	18	54	Зач., КП

*Мор*

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины - формирование знаний в области используемых численных методов расчета прочности теплонапряженных деталей, используемых проектирования двигателей внутреннего сгорания.

Задачи дисциплины - привитие навыков выбора эффективных технических решений и численных методов расчета прочности теплонапряженных деталей и узлов машиностроительных конструкций (метод конечных элементов) с использованием ПЭВМ при конструировании конструкций поршневых двигателей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1 структуры программы магистратуры.

Дисциплина «Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей поршневых двигателей» дает студентам представление о методах компьютерного моделирования теплового и напряженного состояния деталей энергетического оборудования.

При изучении «Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей поршневых двигателей» студенты должны хорошо усвоить методы конструирования изделий машиностроительного назначения, что дает им возможность понимать уровень требований предъявляемых к энергетическому оборудованию.

Дисциплина «Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей поршневых двигателей» формирует и закладывает основы понимания численного анализа элементов энергетического оборудования, работающих в условиях с повышенной температурой и нагрузками.

Дисциплина «Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей поршневых двигателей» развитие дисциплин специальности и базируется на уже изученных – «Устройство и работа ДВС», «Теория рабочих процессов», «Динамика ДВС». Курс преподается параллельно с курсом «конструирование ДВС» и является его дополнением.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способности формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);
  - использование современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества (ПК-3);
  - использование современные теоретические и экспериментальные методы научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности (ПК-4);
- В результате изучения дисциплины студент должен;

**иметь представление:**

- об основах численных методов расчета на прочность теплонапряженных деталей современных поршневых двигателей;
- о граничных условиях, их назначения при определении температур и напряжений; расчет полей деформаций и напряжений в упругой области;
- о программных комплексах на базе МКЭ, используемых при конструировании и расчетах основных деталей;

**знать:**

- методы расчета и оценки нагрузок в основных деталях поршневых двигателей, способы их конструирования, их технические характеристики;
- достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в конструировании ДВС;
- новые эффективные численные методы расчета;

**уметь:**

- в профессиональной деятельности формулировать цель проектирования двигателя, выбрать эффективные конструктивные решения, провести расчеты основных теплонапряженных деталей на базе современных методик с использованием современных пакетов САПР;
- выбирать технические решения, обеспечивающие достижение требуемых показателей качества двигателей;
- находить компромисс между различными требованиями;

**владеть:**

- программами расчета теплонапряженного, деформированного и теплового состояния деталей двигателей;
- приемами конструирования поршневых двигателей;
- современными методами выбора оптимальных конструкций деталей ДВС.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

**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.	<b>Математические модели анализа теплового состояния деталей поршневого двигателя.</b>										
1.1	Математические модели анализа теплового состояния деталей поршневого двигателя. Математические модели анализа напряженно-деформированного состояния деталей двигателя.	2	1-2	2	2	2		6		3/50	
1.2	Приближенные методы определения напряженно-деформированного состояния при пластическом деформировании. Ползучесть. Неупругое деформирование.	2	3-4	2	2	2		6		3/50	
1.3	Численные методы анализа теплового и напряженно-деформированного состояния деталей. Метод конечных элементов.	2	5-8	4	4	4		12		6/50	Рейтинг-контроль №1
2.	<b>Расчет теплового состояния деталей двигателя.</b>										
2.1	Расчет напряженно-деформированного состояния деталей двигателя. Выбор расчетных режимов.	2	9-12	4	4	4		12		6/50	Рейтинг-контроль №2

	Прочностная надежность и оценка прочности деталей двигателя. Многоцикловая усталость и расчет на выносливость деталей поршневых двигателей. Оценка работоспособности теплонапряженных деталей двигателя.										
2.2	Оценка работоспособности теплонапряженных деталей двигателя.	2	13-14	2	2	2		6		3/50	
2.3	Основные задачи и модели прочностной надежности.	2	15-16	2	2	2		6		3/50	
2.4	Расчетные схемы.	2	17-18	2	2	2		6		3/50	Рейтинг-контроль №3
Всего				18	18	18		54	КП	27/50	Зач., КП

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»**

С целью формирования и развития профессиональных навыков у студентов при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий, а также при приеме курсовых проектов и руководстве самостоятельной работой применяются следующие образовательные технологии.

При проведении лекционных занятий используются электронные средства обучения (ЭСО), разработанного кафедрой. Принципиальное новшество, вносимое компьютером в образовательный процесс, – интерактивность, позволяющая развивать активностно-деятельностные формы обучения. Например, при обсуждении перемещения, скорости и ускорения поршня на экране высвечивается графики указанных показателей. Студентам предлагается указать на возможные мероприятия по снижению, например, ускорения. Именно это новое качество позволяет надеяться на эффективное, реально полезное расширение сектора самостоятельной учебной работы.

Перед началом каждой лекции лектор напоминает студентам о тех вопросах, которые были рассмотрены на предыдущих занятиях (лекциях и практических занятиях), а после этого ставим перед аудиторией задачи, которые следует решить.

При проведении практических занятий используются модульное обучение, при котором каждый модуль начинается: а) с входного контроля знаний и умений (для определения уровня готовности обучаемых к предстоящей самостоятельной работе); б) с выдачи индивидуального задания, основанного на таком анализе. Заданием являются: результат расчета по курсовому проекту, контрольная работа, тесты, устные и письменные опросы. Модуль всегда должен заканчиваться контрольной проверкой знаний. Контролем промежуточным и выходным проверяется уровень усвоения знаний и выработки умений в рамках одного модуля или нескольких модулей. Затем – соответствующая доработка, корректировка, установка на следующий «виток», т.е. последующий модуль.

При использовании модульного обучения повышается качество обучения за счет того, что все обучение направлено на отработку практических навыков; компетенция определяет необходимые личностные качества; сокращение сроков обучения; реально осуществляется индивидуализация обучения при реальной возможности создания индивидуальных программ обучения; быстрая адаптация учебно-методического материала к изменяющимся условиям, гибкое реагирование.

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

Быстрое развитие вычислительной техники и расширение её функциональных возможностей позволяет широко использовать компьютеры на всех этапах учебного процесса: во время лекции, практических занятий, при самоподготовке, а также для контроля и самоконтроля степени усвоения учебного материала. Использование компьютерных технологий значительно расширило возможности на консультациях, позволяя моделировать различные процессы и явления, натурная демонстрация которых в лабораторных условиях технически очень сложна либо просто невозможна. По некоторым разделам курса кафедрой выпущены учебные пособия, а электронные версии их размещены в электронной библиотеке ВлГУ, а также на сайте кафедры. Это позволяет в любой момент обратиться к источнику. Студентам выдается раздаточный материал (сложные схемы, чертежи и т.д.) с целью уменьшения затрат времени на оформление студентами чертежей и рисунков во время лекции или при проведении практических занятий.

Часто на практических занятиях используются методы проблемного обучения. Схема проблемного обучения, представляется как последовательность процедур, включающих: постановку преподавателем учебно-проблемной задачи, создание для студентов проблемной ситуации; осознание, принятие и разрешение возникшей проблемы, в процессе которого они овладевают обобщенными способами приобретения новых знаний; применение данных способов для решения конкретных задач. Например, как обеспечить уравновешенность трехцилиндрового и четырехцилиндрового двигателей. Для повышения творческой деятельности студентов посредством постановки проблемно сформулированных заданий и активизации, за счет этого, их познавательного интереса и, в конечном счете, всей познавательной деятельности, поскольку за счет дополнительного рассмотрения справочников приобретаются новые знания.

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.

Наконец, при проведении практических занятий или консультаций используется проектный метод обучения. Проектный метод предполагает решение какой-то проблемы, предусматривающей, с одной стороны, использование разнообразных методов, с другой – интегрирование знаний, умений из различных областей науки, техники, технологии, творческих областей.

В основе проектного метода лежит развитие познавательных навыков студентов, умений самостоятельно показывать свои знания, умений ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического мышления. 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 (это касается в основном показателей лучших зарубежных образцов, выпускаемых в настоящее время). Таким образом, создается единая образовательная среда, которая обеспечивает эффективное взаимодействие преподавателей и студентов. За счет широкого использования интернета студенты часто находят интересные решения, которые не всегда известны преподавателю.

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

### **6.1 Темы лабораторных работ**

1. Введение в современные программные комплексы – 2 ч.
2. Последовательность подготовки конечноэлементной модели – 2 ч.
3. Команды построения геометрии – 4 ч
4. Команды задания типа конечных элементов и физико-механических свойств материала – 4 ч
5. Анализ конечноэлементной модели и ее оптимизация – 2 ч
6. Задание граничных условий – 2 ч
7. Анализ расчетных результатов – 2 ч

### **6.2 Практические занятия**

Практические занятия являются формой индивидуально-группового и практико-ориентированного обучения на основе реальных или модельных ситуаций применительно к виду и профилю профессиональной деятельности.

#### **Темы практических занятий**

1. Расчет поршней двигателей внутреннего сгорания методом конечных элементов – 4 ч
2. Расчет поршневого пальца – 4 ч
3. Расчет шатуна – 6 ч
4. Расчет коленчатого вала – 4 ч

### **6.3 Самостоятельная работа студентов**

**Целью самостоятельной работы** являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к лабораторным и практическим занятиям, оформлении лабораторных работ, к рубежным контролям, к экзамену, оформлению лабораторных работ. Она может включать в себя практику подготовки рефератов, презентаций и докладов по ним. Тематика рефератов должна иметь проблемный и профессионально ориентированный характер, требующий самостоятельной творческой работы студента.

Самостоятельная работа также включает выполнение курсового проекта, которая должна содержать описание модели (постановке задачи, типы используемых конечных элементов, кинематические граничные условия, обоснование, расчет и способ приложения действующих нагрузок), результаты расчета поля температур, напряжений и деформаций, расчеты запасов прочности для зон с максимальным уровнем напряжений.

#### **Вопросы к самостоятельной работе студентов**

1. Как создать трехмерную модель в среде трехмерного моделирования?
2. Как создать КЭМ поршневой группы?
3. Как решить стационарную задачу теплопроводности?
4. Какие существуют математические модели анализа теплового состояния деталей поршневого двигателя?
5. Что такое неупругое деформирование?
6. Что такое ползучесть?

7. В чем сущность метода конечных элементов?
8. Как оценить работоспособность теплонапряженных деталей двигателя?
9. Что такое прочностная надежность и оценка прочности деталей двигателя?
10. Как выбрать расчетные режимы деталей двигателей?
11. Что такое многоцикловая усталость?
12. Зачем нужен расчет на выносливость деталей поршневых двигателей?
13. Какие типы конечных элементов, используемых в программе?
14. Что такое одномерная, плоская, осесимметричная и трехмерная постановка задачи МКЭ?
15. Какие есть команды построения геометрии модели (точки, линии, поверхности, контуры, регионы, объемы)?
16. Что такое кинематические граничные условия?
17. Какова последовательность подготовки конечноэлементной модели и проведения расчетов?
18. Что такое осесимметричная и трехмерная постановка задачи?
19. Что такое гипотеза сплошности?
20. Что такое медленное и быстрое деформирование?

#### **6.4 Содержание курсового проекта**

**Задание на курсовой проект "Исследование теплового и напряженного состояния (ТНДС) поршневой группы".**

Для расчета проводится расчет цикла ДВС на двух режимах и для наиболее напряженного проводится расчет температур и температурных напряжений. При этом учитываются следующие факторы нагружения:

- ✓ температурное поле на режиме номинальной мощности и холостого хода;
- ✓ газовые силы;
- ✓ силы инерции;
- ✓ контакт поршневого пальца с шатуном и поршнем
- ✓ физическая нелинейность материалов поршневой группы

Результаты расчета оформляются в расчетно-пояснительную записку и проводится защита выполненной работы.

#### **6.5 Контрольные задания для рейтинг - контроля**

по дисциплине «Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей поршневых двигателей» для специальности 13.04.03 – Энергетическое машиностроение.

##### **Рейтинг-контроль №1**

1. Математические модели анализа теплового состояния деталей поршневого двигателя.
2. Математические модели анализа напряженно-деформированного состояния деталей двигателя.
3. Неупругое деформирование.
4. Приближенные методы определения напряженно-деформированного состояния при пластическом деформировании.
5. Ползучесть.
6. Численные методы анализа теплового и напряженно-деформированного состояния деталей.
7. Метод конечных элементов.
8. Численные методы анализа теплового и напряженно-деформированного состояния деталей.
9. Метод конечных элементов.
10. Прочностная надежность и оценка прочности деталей двигателя.
11. Многоцикловая усталость и расчет на выносливость деталей поршневых двигателей.

12. Оценка работоспособности теплонапряженных деталей двигателя. Основные задачи и модели прочностной надежности.
13. Расчетные схемы.

### **Рейтинг-контроль №2**

1. Расчет теплового состояния деталей двигателя.
2. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей двигателя.
3. Выбор расчетных режимов деталей двигателей.
4. Использование метода конечных элементов (МКЭ) в инженерных расчетах.
5. Последовательность подготовки конечноэлементной модели и проведения расчетов.
6. Типы конечных элементов, используемых в программе.
7. Одномерная, плоская, осесимметричная и трехмерная постановка задачи МКЭ.
8. Учет в конечноэлементной модели симметрии детали и приложенных нагрузок.
9. Команды построения геометрии модели (точки, линии, поверхности, контуры, регионы, объемы).
10. Команды задания типа конечных элементов и физико-механических свойств материала.
11. Разбиение геометрической модели на конечные элементы.
12. Анализ конечноэлементной модели и ее оптимизация.
13. Команды задания нагрузок (тепловых, силовых) при статическом и динамическом анализе.
14. Кинематические граничные условия.
15. Запуск на решение и анализ полученных результатов.
16. Команды просмотра результатов расчета и получение копий результатов решения.
17. Расчет поршней двигателей внутреннего сгорания методом конечных элементов.
18. Осесимметричная и трехмерная постановка задачи.
19. Силовые нагрузки и кинематические граничные условия. Граничные условия теплообмена.
20. Моделирование нестационарных режимов нагружения. Анализ результатов расчета.
21. Расчет поршневого пальца. Использование контактных элементов на поверхностях сопряжения деталей. Силовые нагрузки и кинематические граничные условия. Анализ результатов расчета.
22. Расчет шатуна. Учет симметрии детали. Силовые и инерционные нагрузки. Кинематические граничные условия. Анализ результатов расчета.
23. Расчет коленчатого вала. Силовые нагрузки и кинематические граничные условия. Учет податливости опор. Учет в конечно-элементной модели концентраторов напряжений. Анализ результатов расчета.
24. Расчет головки цилиндров. Плоская и трехмерная модели. Кинематические граничные условия. Определение граничных условий теплообмена в полостях охлаждения. Анализ результатов расчета.

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Оценка работоспособности теплонапряженных деталей двигателя.
2. Основные задачи и модели прочностной надежности.
3. Гипотеза сплошности. Гипотеза однородности материального тела. Гипотеза изотропности материального тела.
4. Малые и большие градиенты напряжений. Малые и большие нагрузки.
5. Медленное и быстрое деформирование. Понятия «начальное, мгновенное и конечное состояние деформируемого тела»
6. Понятие тензора. Действия над тензорами.
7. Нормальные и касательные напряжения. Обозначения, направления действия и знак напряжений.
8. Анализ напряженного состояния. Нормальные и касательные напряжения. Связь между компонентами, определяющими поле тензора напряжений.



9. Формулировка общих физических уравнений связи напряженного и деформированного состояний для изотропных материалов.
10. Граничные условия. Начальные условия.
11. Граничные условия для уравнения теплопроводности.

Распределение баллов рейтинг - контроля (студенты по окончании курса сдают зачет).

№, п.п.	Наименование мероприятий	Баллы (не более)
1	Посещение занятий за все время обучения (пропуск 1 занятия – минус 1 балл)	5
2	Рейтинг-контроль 1	15
3	Рейтинг-контроль 2	15
4	Рейтинг-контроль 3	15
5	Равномерность и своевременность защиты лабораторных работ	10
6	Зачет	40
Итого		100

### 6.6 Вопросы к зачету

1. Как решить стационарную задачу теплопроводности?
2. Какие существуют математические модели анализа теплового состояния деталей поршневого двигателя?
3. Что такое неупругое деформирование
4. Что такое кинематические граничные условия?
5. Какова последовательность подготовки конечноэлементной модели и проведения расчетов?
6. Что такое неупругое деформирование?
7. Какие существуют приближенные методы определения напряженно-деформированного состояния при пластическом деформировании?
8. Какова роль метода конечных элементов (МКЭ) в инженерных расчетах?
9. Какова последовательность подготовки конечноэлементной модели и проведения расчетов?
10. Какие существуют типы конечных элементов, используемых в программе?
11. Какова последовательность запуска на решение и анализ полученных результатов?
12. Какие существуют команды просмотра результатов расчета и получение копий результатов решения?
13. Какова методика расчета поршней двигателей внутреннего сгорания методом конечных элементов?
14. В чем различие осесимметричной и трехмерной постановки задачи?
15. Расчет головки цилиндров. Плоская и трехмерная модели. Кинематические граничные условия. Определение граничных условий теплообмена в полостях охлаждения. Анализ результатов расчета.
16. В чем состоит понятие тензора и какие существуют действия над тензорами?
17. В чем различия нормальных и касательных напряжений, каковы обозначения, направления действия и знак напряжений?
18. Какие существуют математические модели анализа теплового состояния деталей поршневого двигателя?
19. Что такое неупругое деформирование?
20. Что такое ползучесть?
21. В чем сущность метода конечных элементов?

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

При выполнении лабораторных и расчетно-графических работ используются компьютерные классы вычислительного центра университета и кафедры ДВС, на компьютеры которых установлены следующие программы: офисные приложения Microsoft Word, Excel, Solid Works, Solid Works Simulation и Ansys Workbench.

а) Основная литература:

1. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие/ А.Н. Гоц. – 3-е изд., исп. и доп. – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2015. – 352 с. (Гриф УМО).
2. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении; учеб. пособие. В 2 ч. Ч.1, 151 с. 2012 г., ч.2, 2013 г., 180 с; Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. (Гриф УМО).
3. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ; инфра-м, 2013. – 208 с. (Гриф УМО)

б) дополнительная литература:

1. Теоретические основы расчетов на сопротивление усталости [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А. С. Гусев. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840108.html>
2. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. 2011 – 140 с.

в) периодические издания:

1. Отраслевые журналы «Известие вузов. Машиностроение», «Двигателестроение», «Двигатель», «Фундаментальные исследования»

г) интернет-ресурсы:

1. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИ-ЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.
2. Онлайн-калькулятор. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса. <http://ru.onlinesechool.com/math/assistance/equation/haus/>;
3. <http://math.semestr.ru/gauss/gauss.php>;
4. [http://www.webmath.ru/web/prog13\\_1.php](http://www.webmath.ru/web/prog13_1.php);
5. <http://matematikam.ru/solve-equations/sistema-gaus.php>;
6. [http://www.math-pr.com/equations\\_1.php](http://www.math-pr.com/equations_1.php);
7. <http://ru.onlinesechool.com/math/assistance/equation/matr/>;
8. <http://ru.numberempire.com/equationsolver.php>.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Набор слайдов, контрольные тесты, сценарии к проведению занятий с использованием интерактивной формы организации учебного процесса, программы Ansys, SolidWorks, Matlab.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.04.03 «Энергетическое машиностроение», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1501 от 21. 11. 2014 года, применительно к учебному плану направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования магистратура), утвержденному ректором ВлГУ 04.02.2015 г.

Рабочую программу составил доцент кафедры ТД и ЭУ, к.т.н.  С.А. Глинкин

Рецензент:

главный специалист ООО «ЗИП «КТЗ», д.т.н.  А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

Протокол № 19 от 10.02.2015 года

Заведующий кафедрой «Тепловые двигатели и энергетические установки»

 В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Протокол № 1 от 12.02.2015 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

 В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2015/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 20 от 17.02.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*[Signature]*

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 3 от 13.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*[Signature]*

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Ф. Гуськов*

Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 24 от 04.09.2018 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Ф. Гуськов*

Рабочая программа одобрена на 2019/2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.2019 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Ф. Гуськов*

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.20 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Ф. Гуськов*

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_