

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Автомобильное отделение



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей двигателей внутреннего сгорания Б1.В.03

Направление подготовки: 13.04.03 - Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки: Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Хлюпин В.Б.

**Рецензент(ы):** Цыбунов Э.Н.

#### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Валеев Д. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Автомобильное отделение) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Хлюпин В.Б. (Кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна, Автомобильное отделение), VBHljupin@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен использовать современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества
ПК-5	Готов использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен демонстрировать способность и готовность:

способность и готовность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках, методов расчетного анализа объектов профессиональной деятельности

способность и готовность использовать современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.04.03 "Энергетическое машиностроение (Двигатели внутреннего сгорания)" и относится к вариативной части.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 44 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 64 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение.	1	1	4	0	8
2.	Тема 2. Обыкновенные дифференциальные уравнения.	1	1	5	0	8
3.	Тема 3. Задачи анализа теплового состояния деталей ДВС.	1	1	5	0	8
4.	Тема 4. Уравнения движения рабочих сред в элементах ДВС.	1	1	5	0	8

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Основы теории упругости и пластичности.	1	1	5	0	8
6.	Тема 6. Метод конечных элементов.	1	1	4	0	8
7.	Тема 7. Метод конечных разностей.	1	1	4	0	8
8.	Тема 8. Пакеты прикладных программ.	1	1	4	0	8
	Итого		8	36	0	64

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение.

Понятие о численных методах и алгоритмах решения задач. Роль численных методов в технике, и частности при проектировании и доводке двигателей внутреннего сгорания. Построение матриц жесткости и векторов нагрузок. Особенности решения систем алгебраических уравнений большого порядка. Учет нелинейностей. Особенности применения численных методов для решения задач различной физической природы.

### Тема 2. Обыкновенные дифференциальные уравнения.

Система обыкновенных дифференциальных уравнений на примере моделирования внутрицилиндрового процесса в двигателях внутреннего сгорания. Определение граничных условий теплообмена. Численное интегрирование. Метод Рунге-Кутты. Сравнительный анализ их преимуществ и недостатков. Особенности применения ду для решения задач различной физической природы.

### Тема 3. Задачи анализа теплового состояния деталей ДВС.

Дифференциальные уравнения Пуассона, Лапласа в задачах теплопроводности твердых тел. Граничные и начальные условия. Учет нелинейностей. Сопряженные задачи теплообмена. Дифференциальное уравнение энергии. Вязкая диссипация.

Сравнительный анализ их преимуществ и недостатков. Особенности применения анализа для решения задач различной физической природы.

### Тема 4. Уравнения движения рабочих сред в элементах ДВС.

Система дифференциальных уравнений Эйлера движения идеальных жидкостей. Система уравнений Навье-Стокса. Граничные условия. Замена переменных. Дифференциальные уравнения движения вязких газов. Ударные волны. Турбулентное движение сред. Модели турбулентности. Гидродинамическая теория смазки. Дифференциальное уравнение Рейнольдса для смазочного слоя. Волновое уравнение.

### Тема 5. Основы теории упругости и пластичности.

Тензор напряжений. Деформации, перемещения. Условия совместности деформаций, условия равновесия, обобщенный закон Гука. Виды граничных условий. Предельные состояния. Упруго-пластические деформации. Сравнительный анализ их преимуществ и недостатков. Особенности применения разностных основ теории упругости для решения задач различной физической природы.

### Тема 6. Метод конечных элементов.

Основные преимущества МКЭ. Историческая справка. Области применения. Типы конечных элементов. Выбор аппроксимирующих функций. Порядок аппроксимации. Принципы построения расчетных сеток. Автоматизация построения сеток. Основные формулировки МКЭ: классическая, метод Галеркина, прямой метод при решении нестационарных задач. Построение матриц жесткости и векторов нагрузок. Особенности решения систем алгебраических уравнений большого порядка. Учет нелинейностей. Особенности применения МКЭ для решения задач различной физической природы.

### Тема 7. Метод конечных разностей.

Области применения. Историческая справка. Понятие разностной схемы. Шаблон разностной схемы. Разностные уравнения, методы их получения. Аппроксимация, сходимость и устойчивость разностных схем. Порядок аппроксимации. Критерии устойчивости. Методы исследования устойчивости. Свойство консервативности. Явные и неявные схемы. Сравнительный анализ их преимуществ и недостатков. Особенности применения разностных методов для решения задач различной физической природы.

### Тема 8. Пакеты прикладных программ.

Описание назначения, характеристик и состава наиболее популярных пакетов прикладных программ анализа - NFSTRAN, ANSYS, CAE, STAR CD. Сравнительный анализ их преимуществ и недостатков. Особенности применения пакета прикладных программ для решения задач различной физической природы. Применение прикладных пакетов при расчетах двс.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 1</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ПК-3	1. Введение. 2. Обыкновенные дифференциальные уравнения.
2	Лабораторные работы	ПК-5	2. Обыкновенные дифференциальные уравнения.
3	Лабораторные работы	ПК-3	3. Задачи анализа теплового состояния деталей ДВС.
4	Лабораторные работы	ПК-5	4. Уравнения движения рабочих сред в элементах ДВС.
5	Лабораторные работы	ПК-3	5. Основы теории упругости и пластичности.
6	Лабораторные работы	ПК-5	6. Метод конечных элементов.
7	Лабораторные работы	ПК-3	7. Метод конечных разностей.
8	Лабораторные работы	ПК-5	8. Пакеты прикладных программ.

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	<b>Экзамен</b>	ПК-3, ПК-5	

## 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 1</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
					2
					3
					4
					5
					6
					7
					8
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

## 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### Семестр 1

#### Текущий контроль

##### 1. Лабораторные работы

## Темы 1, 2

Постановка учебной задачи.

Содержание работы: Постановка учебной задачи, линейный статический анализ составной балки.

Конструктивные элементы балки, воспринимаемые тепловые и механические нагрузки.

Вопросы:

1. В чем заключается постановка учебной задачи?
2. Опишите конструктивные элементы балки с нагрузкой?
3. Какие нагрузки действуют на балку?
4. Получение разностных уравнений методом контрольного объема.
5. Понятия аппроксимации и сходимости разностных схем.
6. Понятие устойчивости разностных схем. Критерии устойчивости.
7. Исследование устойчивости методом дисперсных возмущений (на примере).
8. Явные и неявные схемы для модельного уравнения переноса вихря.
9. Граничное условие на стенке для уравнения переноса вихря.
10. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.

## 2. Лабораторные работы

### Тема 2

Изучение библиотеки конечных элементов.

Содержание работы: Изучение библиотеки конечных элементов. Создание расчетной модели. Подбор конечных элементов к учебной задаче.

Вопросы:

1. Опишите библиотеку конечных элементов.
2. Принцип создания расчетной модели.
3. Форма элементов.
4. Приведение уравнений движения несжимаемой жидкости к безразмерной форме.
5. Приведение уравнений движения несжимаемой жидкости в физических переменных к уравнениям переноса вихря и функции тока.
6. Получение разностных уравнений методом разложения в ряд Тейлора.
7. Свойство консервативности разностных схем (на примере).
8. Схема с несимметричными разностями.
9. Метод крупных частиц.
10. Прогонка как метод решения систем разностных линейных уравнений неявной схемы.

## 3. Лабораторные работы

### Тема 3

Программные средства

Содержание работы: Ознакомление с пакетом конечно-элементного анализа MSC visual NASTRAN. Изучение главного меню и панели инструментов.

Вопросы:

1. Опишите основные элементы пакета конечно-элементного анализа.
2. Как осуществляется работа с панелью инструментов?
3. Аппроксимирующие функции симплекс-элементов. Функции формы, их свойства.
4. Процедура минимизации функционала в МКЭ на примере одномерной задачи.
5. Метод Галеркина в сочетании с МКЭ на примере одномерной задачи.
6. Разностная схема для уравнения Пуассона для функции тока.
7. Разностная схема с явной искусственной вязкостью.
8. Метод релаксации для систем разностных линейных уравнений неявной схемы.
9. Граничное условие на стенке для уравнения переноса вихря.
10. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.

## 4. Лабораторные работы

### Тема 4

Средства создания геометрической модели.

Содержание работы: Изучение средств создания геометрической модели. Изучение команд меню Geometry.

Создание геометрической модели учебной задачи.

Вопросы:

1. Как происходит работа с геометрической моделью объекта?
2. Команды в меню Geometry.
3. Как создать геометрическую модель для учебной задачи?
4. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.
5. Свойство консервативности разностных схем (на примере).
6. Схема с несимметричными разностями.
7. Метод крупных частиц.

8. Прогонка как метод решения систем разностных линейных уравнений неявной схемы.
9. Аппроксимирующие функции симплекс-элементов. Функции формы, их свойства.
10. Процедура минимизации функционала в МКЭ на примере одномерной задачи.

### **5. Лабораторные работы**

#### Тема 5

Свойства элементов.

Содержание работы: Создание материалов и свойств конструктивных элементов. Изучение команд меню Model. Задание материалов и создание свойств элементов учебной задачи.

Вопросы:

1. Как происходит создание материалов конструктивных элементов?
2. Опишите свойства конструктивных элементов?
3. Опишите меню команды Model.
4. Какие материалы используются в программе?
5. Понятия аппроксимации и сходимости разностных схем.
6. Понятие устойчивости разностных схем. Критерии устойчивости.
7. Исследование устойчивости методом дисперсных возмущений (на примере).
8. Явные и неявные схемы для модельного уравнения переноса вихря.
9. Граничное условие на стенке для уравнения переноса вихря.
10. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.

### **6. Лабораторные работы**

#### Тема 6

Создание сетки.

Содержание работы: Создание сетки конечных элементов. Изучение команд меню Mesh. Задание расчетной сетки на конструктивных элементах учебной задачи.

Вопросы:

1. Какие сетки применяются при создании конечных элементов?
2. Меню команды Mesh.
3. Как создается расчетная сетка?
4. Схема с несимметричными разностями.
5. Метод крупных частиц.
6. Прогонка как метод решения систем разностных линейных уравнений неявной схемы.
7. Аппроксимирующие функции симплекс-элементов. Функции формы, их свойства.
8. Процедура минимизации функционала в МКЭ на примере одномерной задачи.
9. Метод Галеркина в сочетании с МКЭ на примере одномерной задачи.
10. Разностная схема для уравнения Пуассона для функции тока.

### **7. Лабораторные работы**

#### Тема 7

Граничные условия.

Содержание работы: Изучение средств задания тепловых и статических граничных условий. Создание тепловых и статических граничных условий учебной задачи.

Вопросы:

1. Опишите метод конечных разностей.
2. Как задаются тепловые граничные условия.
3. Как задаются статические граничные условия.
4. Понятие устойчивости разностных схем. Критерии устойчивости.
5. Исследование устойчивости методом дисперсных возмущений (на примере).
6. Явные и неявные схемы для модельного уравнения переноса вихря.
7. Граничное условие на стенке для уравнения переноса вихря.
8. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.
9. Свойство консервативности разностных схем (на примере).
10. Схема с несимметричными разностями.
11. Метод крупных частиц.
12. Прогонка как метод решения систем разностных линейных уравнений неявной схемы.

### **8. Лабораторные работы**

#### Тема 8

Анализ модели.

Содержание работы: Анализ модели. Виды анализа. Команды меню File. Проведение вычислений для учебной задачи.

Вопросы:

1. Какую модель используете для анализа?
2. Какие пакеты прикладных программ существуют для анализа теплонапряженного состояния деталей ДВС?



3. Прогонка как метод решения систем разностных линейных уравнений неявной схемы.
4. Аппроксимирующие функции симплекс-элементов. Функции формы, их свойства.
5. Процедура минимизации функционала в МКЭ на примере одномерной задачи.
6. Метод Галеркина в сочетании с МКЭ на примере одномерной задачи.
7. Разностная схема для уравнения Пуассона для функции тока.
8. Разностная схема с явной искусственной вязкостью.
9. Метод релаксации для систем разностных линейных уравнений неявной схемы.
10. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.

#### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Приведение уравнений движения несжимаемой жидкости к безразмерной форме.
2. Приведение уравнений движения несжимаемой жидкости в физических переменных к уравнениям переноса вихря и функции тока.
3. Получение разностных уравнений методом разложения в ряд Тейлора.
4. Получение разностных уравнений методом контрольного объема.
5. Понятия аппроксимации и сходимости разностных схем.
6. Понятие устойчивости разностных схем. Критерии устойчивости.
7. Исследование устойчивости методом дисперсных возмущений (на примере).
8. Явные и неявные схемы для модельного уравнения переноса вихря.
9. Граничное условие на стенке для уравнения переноса вихря.
10. Граничные условия на входе и выходе для вихря и функции тока.
11. Свойство консервативности разностных схем (на примере).
12. Схема с несимметричными разностями.
13. Метод крупных частиц.
14. Прогонка как метод решения систем разностных линейных уравнений неявной схемы.
15. Аппроксимирующие функции симплекс-элементов. Функции формы, их свойства.
16. Процедура минимизации функционала в МКЭ на примере одномерной задачи.
17. Метод Галеркина в сочетании с МКЭ на примере одномерной задачи.
18. Разностная схема для уравнения Пуассона для функции тока.
19. Разностная схема с явной искусственной вязкостью.
20. Метод релаксации для систем разностных линейных уравнений неявной схемы.

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 1</b>			
<b>Текущий контроль</b>			

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	6
		2	6
		3	6
		4	6
		5	6
		6	6
		7	7
		8	7
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Гоц А. Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Гоц. - Москва: Издательство 'ФОРУМ', 2013. - 208 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-91134-746-8. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=406090..>

.Конструирование двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учебник для вузов / [Н. Д. Чайнов и др.] ; под ред. Н. Д. Чайнова. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2011. - 496 с. : схемы. - Библиогр.: с. 484. - Предм. указ.: с. 485. - Гриф МО. - Посвящается 100-летию специальности 'Двигатели внутреннего сгорания' в МГТУ им. Н. Э. Баумана. - В пер. - ISBN 978-5-94275-575-1. (библиотека НЧИ КФУ - 7 экз.)

3. Якубович А. И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Якубович А. И. - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2014. - 473 с. - ISBN 978-985-475-620-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=435683..>

4. Волков К.Н. Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках [Электронный ресурс]: научное / К.Н. Волков, Ю.Н. Дерюгин, В.Н. Емельянов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 416 с.: ISBN 978-5-9221-1609-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/854323>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Круглов М. Г. Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учебное пособие для вузов / М. Г. Круглов, А. А. Меднов. - Москва : Машиностроение, 1988. - 359 с. : ил., табл. (Для вузов) . Прил.: с. 349-353. Гриф МО. В пер. Библиогр.: с. 354. Предм. указ.: с. 355-358. ISBN 5-217-00082-1 : 1-20. (библиотека НЧИ КФУ-18 экз.)

2. Клещин Э.В. Рабочие процессы, конструкция и основы расчета двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]/ Э. В. Клещин. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2009. - 256 с. - ISBN 9785778213357. ? Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=549067> .

3. Конструирование двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]: учебник / Н. Д. Чайнов [и др.] ; под ред. Н. Д. Чайнова. - Москва : Машиностроение, 2011. - 496 с. : ил. ; 23 см. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 484 (9 назв.). - Предм. указ.: с. 485-489-ISBN 978-5-94275-575-1.. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=65697](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65697).

4. Смирнов Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 620 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3719..](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3719..)

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Библиотека НЧИ КФУ - <http://kpfu.ru/chelny/study/library>

Научная библиотека - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям рекомендуется обращать внимание на проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные оценки. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем.
самостоятельная работа	В ходе самостоятельной работы необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы.
лабораторные работы	При подготовке к лабораторным занятиям студенту понадобится материал, изучавшийся ранее, на лекционных занятиях поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (конспект лекций, учебникам, монографиям, статьям). Лабораторная работа проводится в специализированном кабинете или на территории НТЦ ПАО КАМАЗ. Отчет по лабораторным работам защищается учащимся. По результатам защиты дается допуск к зачету или экзамену, в зависимости от учебного плана по данной дисциплине. При выполнении лабораторных работ по дисциплине преподаватель должен руководствоваться следующими положениями: 1. Перед проведением лабораторных работ преподаватель в обязательном порядке обязан ознакомить студентов с правилами поведения и техники безопасности в специализированном классе и лаборатории испытания топливной аппаратуры. 2. Практические занятия проводятся с 1/2 академической группы для улучшения усваиваемости знаний. 3. Студенты фиксируют в журналах (ученическая тетрадь 12 листов) результаты изучения конструкции ДВС (эскизы основных элементов конструкции: поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, шатуны, коленчатые валы с основными размерами и массой). 4. После прохождения всего лабораторного практикума студенты предъявляют для проверки преподавателю журнал. Преподаватель принимает решение о допуске студента к зачету, либо когда объем работы не выполнен, устанавливает график отработки лабораторных работ (до начала сессии). График вывешивается на кафедре.
экзамен	Для успешного прохождения студентами экзамена, необходимо изучить конспект лекций, а также другие источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. Студент должен разбираться в терминологическом аппарате дисциплины. В ходе экзамена студенту на черновике, выданном для подготовки к ответу желательно записать свою фамилию, число и группу. итоговая оценка формируется на основании ответа, прохождения студентами практических и лабораторных занятий, посещением лекций.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины "Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей двигателей внутреннего сгорания" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Освоение дисциплины "Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей двигателей внутреннего сгорания" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 13.04.03 "Энергетическое машиностроение" и магистерской программе Двигатели внутреннего сгорания .