

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 процессов в двигателях внутреннего сгорания

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: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
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 (модуля)
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 литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
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 (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Румянцев В.В. (Кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна, Автомобильное отделение), VVRumyantsev@kpfu.ru ; Луцко Василий Александрович

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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	способность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках, методов расчетного анализа объектов профессиональной деятельности
ПК-3	способность использовать современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- методы моделирования внутрицилиндровых процессов;
- методы моделирования процессов течения и тепломассообмена в органах воздухо-снабжения ДВС.
- основные закономерности протекания рабочего процесса двигателей, их показателей, характеристики, методы математического моделирования внутрицилиндровых процессов;

Должен уметь:

- обоснованно поставить задачу моделирования, выбрать логическую последовательность методов ее решения;
- применять на практике положения теории моделирования процессов в ДВС;
- моделировать процессы и анализировать результаты расчетов;
- пользоваться программами расчета рабочего процесса искровых двигателей и дизелей;
- формулировать цели проекта, выявлять приоритеты и находить компромиссы при проектировании ДВС;
- простейшими языками программирования.

Должен владеть:

- терминологическим аппаратом дисциплины;
- навыками самостоятельной работы при выполнении курсовой работы и работе с литературой; Данная дисциплина относится к профилирующим дисциплинам вариативной части учебного плана.

Для изучения данной дисциплины студенты должны знать основы дисциплин 'Физи-ка', 'Высшая математика', 'Термодинамика', 'Механика жидкости и газа', 'Теория рабочих процессов в поршневых двигателях', 'Агрегаты наддува двигателей', 'Спецглавы математики'. Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов навыков в использовании средств вычислительной техники, программирования с использованием алгоритмических языков.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.4 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.04.03 "Энергетическое машиностроение (Двигатели внутреннего сгорания)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 2 курсе в 4 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 12 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 112 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 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. Термодинамические циклы поршневых и комбинированных ДВС.	4	1	2	2	8
2.	Тема 2. Цикл Карно. Термодинамические циклы Отто, Дизеля, Тринклера.	4	1	2	2	12
3.	Тема 3. Моделирование рабочего процесса в поршневых двигателях.	4	2	2	2	20
4.	Тема 4. Расчет тепловыделения в поршневых двигателях.	4	2	2	2	20
5.	Тема 5. Моделирование процесса сгорания с учетом процессов испарения, диффузии и химического преобразования.	4	2	2	2	10
6.	Тема 6. Программа моделирования рабочего процесса Дизель РК.	4	0	2	2	42
	Итого		8	12	12	112

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Термодинамические циклы поршневых и комбинированных ДВС.

Термодинамические циклы поршневых и комбинированных ДВС. Наддув как средство повышения мощностных, экономических и экологических показателей двигателей внутреннего сгорания.

Рабочий процесс в поршневых двигателях. Основные термодинамические понятия. Реальный и термодинамический циклы, их эффективность.

###### Тема 2. Цикл Карно. Термодинамические циклы Отто, Дизеля, Тринклера.

Цикл Карно. Термодинамические циклы Отто, Дизеля, Тринклера. Сравнительный анализ циклов. Термодинамические циклы комбинированных двигателей внутреннего сгорания.

Термодинамические параметры рабочего тела. Замкнутые и разомкнутые циклы. Перспективы совершенствования двигателей с принудительным воспламенением и воспламенением от сжатия.

###### Тема 3. Моделирование рабочего процесса в поршневых двигателях.

Моделирование рабочего процесса в поршневых двигателях.

Индикаторная диаграмма. Однозонная модель. Основные уравнения. Задача расчета рабочего процесса. Расчет изменения температуры и давления в цилиндре дизели и двигателя искрового зажигания (ИЗ). Двухзонная модель. Распределение массы рабочего тела в отдельных зонах. Основные уравнения. Особенности расчета теплообмена в рабочем процессе. Мгновенные значения объема рабочего тела в отдельных зонах. Сравнительный анализ одно- и двухзонных моделей.

Многозонная модель. Основная система уравнений. Расчет скоростей испарения и сгорания в отдельных зонах. Массообмен между зонами. Теплообмен со стенками камеры сгорания и отдельными зонами.

###### Тема 4. Расчет тепловыделения в поршневых двигателях.

Расчет тепловыделения в поршневых двигателях.

Основные виды тепловыделения. Однократное тепловыделение. Кинетическая и диффузионная фазы тепловыделения. Двукратное тепловыделение.

Полуэмпирические зависимости для расчета скорости тепловыделения.

Вывод уравнения (закона) И.И.Вибе. Показатель характера сгорания. Закон И.И.Вибе для двухстадийного процесса сгорания. Учет переменной показателя сгорания.

### Тема 5. Моделирование процесса сгорания с учетом процессов испарения, диффузии и химического преобразования.

Моделирование процесса сгорания с учетом процессов испарения, диффузии и химического преобразования. Тепловыделение в ходе задержки воспламенения. Сгорание в процессе топливоподачи и после его завершения. Трехмерное моделирование процессов переноса и турбулентного горения в поршневых двигателях. Модели турбулентности ? Прандтля, двухпараметрическая. Модели турбулентного горения.

### Тема 6. Программа моделирования рабочего процесса Дизель РК.

Общие характеристики программ расчета (моделирования) рабочего процесса в поршневых с принудительным воспламенением и воспламенением от сжатия. Основные исходные данные для расчета. Выход на сайт разработчика. Формирование исходных данных. Выбор скоростных режимов. Индикаторная диаграмма. Внешняя скоростная характеристика.

### 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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### 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 4</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ПК-3 , ПК-2	3. Моделирование рабочего процесса в поршневых двигателях.
2	Курсовая работа по дисциплине	ПК-3 , ПК-2	3. Моделирование рабочего процесса в поршневых двигателях. 5. Моделирование процесса сгорания с учетом процессов испарения, диффузии и химического преобразования.
3	Контрольная работа	ПК-3 , ПК-2	1. Термодинамические циклы поршневых и комбинированных ДВС.
4	Устный опрос	ПК-3 , ПК-2	1. Термодинамические циклы поршневых и комбинированных ДВС. 2. Цикл Карно. Термодинамические циклы Отто, Дизеля, Тринклера. 4. Расчет тепловыделения в поршневых двигателях.
	<b>Экзамен</b>	ПК-2, ПК-3	

#### 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.	
Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 4</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 в основном 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
Курсовая работа по дисциплине	Продемонстрирован высокий уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам. Работа характеризуется оригинальностью, теоретической и/или практической ценностью. Оформление соответствует требованиям.	Продемонстрирован средний уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в целом соответствуют поставленным задачам. Работа в достаточной степени самостоятельна. Оформление в основном соответствует требованиям.	Продемонстрирован низкий уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, методы и структура работы частично соответствуют её задачам. Уровень самостоятельности низкий. Оформление частично соответствует требованиям.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, методы и структура работы не соответствуют её задачам. Работа несамостоятельна. Оформление не соответствует требованиям.	2
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3



Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	4
<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 4**

**Текущий контроль**

**1. Лабораторные работы**

Тема 3

Моделирование рабочего процесса в поршневых двигателях. Индикаторная диаграмма. Од-нозонная модель. Основные уравнения. Задача расчета рабочего процесса. Расчет изменения температуры и давления в цилиндре дизели и двигателя искрового зажигания (ИЗ). Двухзонная модель. Распределение массы рабочего тела в отдельных зонах. Основные уравнения. Особенности расчета теплообмена в рабочем процессе.

Мгновенные значения объема рабочего тела в отдельных зонах. Сравнительный анализ од-но- и двухзонных моделей. Многозонная модель. Основная система уравнений. Расчет скоростей испарения и сгорания в отдельных зонах. Массообмен между зонами. Теплообмен со стенками камеры сгорания и отдельными зонами.

Программа моделирования рабочего процесса Дизель РК.

**2. Курсовая работа по дисциплине**

Темы 3, 5

Программа моделирования рабочего процесса Дизель РК.

1. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 380 л.с. при  $n=1900$ мин-1
2. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 420 л.с. при  $n=1900$ мин-1
3. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 440 л.с. при  $n=1900$ мин-1
4. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 450 л.с. при  $n=1900$ мин-1
5. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 500 л.с. при  $n=1900$ мин-1
6. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 520 л.с. при  $n=1900$ мин-1
7. Дизель Р6 13,0/15,0 мощностью 550 л.с. при  $n=1900$ мин-1
8. Дизель V8ЧН 12,0/13,0 мощностью 320 л.с при  $n= 1900$  мин-1
9. Дизель V8ЧН 12,0/13,0 мощностью 400 л.с при  $n= 1900$  мин-1
10. Дизель V8ЧН 12,0/13,0 мощностью 450 л.с при  $n= 1900$  мин-1

### 3. Контрольная работа

Тема 1

1. Понятие термодинамического цикла.
2. Допущения для идеальных (термодинамических) циклов.
3. Цикл Карно: смысл цикла, применимость на практике.
4. Условия достижения термического КПД цикла Карно, равно единице.
5. Цикл Отто: изображение цикла в координатах  $p-V$  и  $T-S$ .
6. Цикл Отто: вывод формулы термического КПД.
7. Цикл Дизеля: изображение цикла в координатах  $p-V$  и  $T-S$ .
8. Цикл Дизеля: вывод формулы термического КПД. Реализация на практике.
9. Цикл Тринклера (со смешанным подводом теплоты): изображение цикла в координатах  $p-V$  и  $T-S$ .
10. Цикл Тринклера: вывод формулы термического КПД. Реализация на практике.
11. Сравнительный анализ циклов.

### 4. Устный опрос

Темы 1, 2, 4

1. Понятие термодинамического цикла.
2. Допущения для идеальных (термодинамических) циклов.
3. Цикл Карно: смысл цикла, применимость на практике.
4. Условия достижения термического КПД цикла Карно, равно единице.
5. Цикл Отто: изображение цикла в координатах  $p-V$  и  $T-S$ .
6. Цикл Отто: вывод формулы термического КПД.
7. Цикл Дизеля: изображение цикла в координатах  $p-V$  и  $T-S$ .
8. Цикл Дизеля: вывод формулы термического КПД. Реализация на практике.
9. Цикл Тринклера (со смешанным подводом теплоты): изображение цикла в координатах  $p-V$  и  $T-S$ .
10. Цикл Тринклера: вывод формулы термического КПД. Реализация на практике.
11. Сравнительный анализ циклов.
12. Способы и приближения при моделировании циклов ДВС.
13. Характеристики коммерческих пакетов программ (Дизель PK, AVL BOOST).

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Термодинамический цикл поршневых ДВС с подводом теплоты при  $V=Const$ .
2. Термодинамический цикл поршневых ДВС с подводом теплоты при  $P=Const$ .
3. Термодинамический цикл поршневых ДВС со смешанным подводом теплоты.
4. Термодинамический цикл комбинированных ДВС.
5. Рабочий процесс в поршневых двигателях с искровым зажиганием.
6. Рабочий процесс в поршневых двигателях с воспламенением от сжатия.
7. Основные термодинамические понятия. Реальный и термодинамический циклы, их эффективность.
8. Индикаторная диаграмма циклов с переменной массой рабочего тела.
9. Однозонная модель. Основные уравнения.
10. Расчет изменения температуры и давления в цилиндре дизеля.
11. Расчет изменения температуры и давления в цилиндре двигателя искрового зажигания (ИЗ).
12. Двухзонная модель. Распределение массы рабочего тела в отдельных зонах. Основные уравнения.
13. Особенности расчета теплообмена в рабочем процессе.
14. Мгновенные значения объема рабочего тела в отдельных зонах.
15. Сравнительный анализ одно- и двухзонных моделей.
16. Многозонная модель. Основная система уравнений.
17. Многозонная модель. Расчет скоростей испарения и сгорания в отдельных зонах.
18. Многозонная модель. Массообмен между зонами.
19. Особенности расчета теплообмена в рабочем процессе.
20. Сравнительный анализ одно- и двухзонных моделей.



21. Расчет тепловыделения в поршневых двигателях. Основные виды тепловыделения.
22. Однократное тепловыделение.
23. Кинетическая и диффузионная фазы тепловыделения.
24. Двукратное тепловыделение.
25. Полуэмпирические зависимости для расчета скорости тепловыделения.
26. Вывод уравнения (закона) И.И.Вибе. Показатель характера сгорания.
27. Закон И.И.Вибе для двухстадийного процесса сгорания. Учет переменности показателя сгорания.
28. Моделирование процесса сгорания с учетом процессов испарения, диффузии и химического преобразования.
29. Тепловыделение в ходе задержки воспламенения. Сгорание в процессе топливоподдачи и после его завершения.
30. Трехмерное моделирование процессов переноса и турбулентного горения в поршневых двигателях.
31. Модели турбулентности ? Прандтля, двухпараметрическая модель.
32. Модели турбулентного горения.
33. Теплообмен в процессе сжатия рабочего тела.
34. Теплообмен в камере сгорания дизеля.
35. Экспериментальное исследование сгорания.
36. Образование токсичных веществ при сгорании.
37. Способы управления сгоранием, направленные на снижение токсичности.
38. Влияние конструктивных и режимных факторов на сгорание в двигателях с различными способами воспламенения смесей.
39. Особенности расширения в действительных циклах. Теплоотдача в стенки, лучистый теплообмен, догорание топлива.
40. Удельный индикаторный расход топлива. Индикаторный КПД для различных двигателей, их зависимость от конструктивных и режимных факторов.
41. Эффективная работа цикла, среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя и крутящий момент. Удельный эффективный расход топлива, эффективный КПД.
42. Работа двигателя с потребителем мощности при неустановившихся режимах. Сходственные условия работы и рабочий цикл. Прием и сброс нагрузки, разгон, пуск, прогрев и остановка двигателя, принудительный холостой ход.
43. Теплообмен в ДВС. Понятие о теплонапряженности.
44. Расчет рабочего процесса с применением пакета ?Дизель РК?.
45. Механизм образования оксидов азота.
46. Модель образования твердых частиц в продуктах сгорания дизелей.
47. Сгорание в газопоршневых ДВС.
48. Закон Фурье в приложении к ДВС.
49. Закон Ньютона-Рихмана в приложении к ДВС.
50. Численные методы в приложении к ДВС.

#### **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 4</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	10
Курсовая работа по дисциплине	Курсовую работу по дисциплине обучающиеся пишут самостоятельно дома. Темы и требования к работе формулирует преподаватель. Выполненная работа сдаётся преподавателю в сброшюрованном виде. В работе предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, применение исследовательских методов, проведение отдельных стадий исследования, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения.	2	20
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	10
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	4	10
<b>Экзамен</b>	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 литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Д. В. Тимошенко, канд. техн. наук (Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск) ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ СГОРАНИЯ В ПОРШНЕВЫХ ДВС - [http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU\\_5\\_41.pdf](http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU_5_41.pdf)

Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизации процесса сгорания в дизелях -

[http://www.studmed.ru/razleycev-nf-modelirovanie-i-optimizacii-processa-sgoraniya-v-dizelyah\\_baa1aaaf4b1.html](http://www.studmed.ru/razleycev-nf-modelirovanie-i-optimizacii-processa-sgoraniya-v-dizelyah_baa1aaaf4b1.html)

ФИЗИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЕ - <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskie-kontseptsii-i-matematicheskie-modeli-protsesta-sgoraniya-topliva-v-dizele>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекции проводятся в специализированной аудитории, оснащенной проектором и компьютером, подключенным к сети Интернет. Лекции проводятся в составе группы. Студенты фиксируют (конспектируют) в рабочих тетрадях материалы по каждой лекционной теме. Особое внимание следует уделить аккуратности оформления к конспектам графиков и диаграмм
практические занятия	Практические занятия в целом посвящены подготовке к расчетам с применением того или иного коммерческого пакета программ моделирования рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания (ДВС с воспламенением от сжатия, ДВС с принудительным воспламенением). В итоге студенты по заданным темам курсовых работ формируют исходные данные для расчета.
лабораторные работы	Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе с целью освоения коммерческих пакетов прикладных задач по моделированию рабочего процесса в двигателях внутреннего сгорания в соответствии с выданным на курсовую работу заданием. Исходные данные полностью формируются на практических занятиях. В случае необходимости графики и таблицы можно оформлять на миллиметровой бумаге.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов включает в себя кроме проработки лекционного материала, работу с литературными источниками. Преподаватель вправе рекомендовать каждому студенту индивидуально тот или иной материал из периодических изданий, адресовать студента к материалам патентов, авторских свидетельств и т.п.
контрольная работа	Контрольная работа проводится по всем разделам рабочей программы после окончания чтения лекций и проведения практических занятий. Вопросы для контрольной работы формируются преподавателем заранее и за неделю до ее проведения доводятся до сведения студентов. Для подготовки к контрольной работе студенты используют конспекты лекций и рекомендованную преподавателем литературу.
устный опрос	Устный опрос проводится индивидуально в рамках того или иного вида занятий (лекции, практические занятия, лабораторные работы) каждого студента в составе группы. Цель устного опроса - определить периодичность усвоения студентом пройденного материала, правильности понимания и глубины освоения того или иного раздела рабочей программы.
курсовая работа по дисциплине	Курсовая работа является критерием оценки подготовленности студента к применению на практике и полученных знаний на лекционных, практических занятиях, в ходе лабораторных работ и самостоятельной работы студента. Результаты выполнения курсовой работы студент оформляет в соответствии с требованиями и защищает перед комиссией из двух преподавателей.
экзамен	Экзамен преследует цель определения уровня усвоения студентом теоретических знаний и практических навыков. Экзамену в обязательном порядке предшествует защита курсовой работы. Студенты, не защитившие курсовую работу, к экзамену не допускаются. Вопросы к экзамену доводятся до сведения студентов перед началом экзаменационной сессии, но не позже, чем за неделю до проведения экзамена.

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

## **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".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.4 Моделирование процессов в двигателях  
внутреннего сгорания

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

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: 2018

**Основная литература:**

1. Кавтарадзе Р. З. Теория поршневых двигателей: специальные главы [Текст] : учебник для вузов / Р. З. Кавтарадзе. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 720 с. : ил., табл., схемы. - Гриф УМО. - В пер. - Предм. указ.: с. 701-705. - Имен. указ.: с. 706-713. - Библиогр.: с. 679-700. - ISBN 978-5-7038-3086-4 : 259-00. (18 экз.)
2. Кулагин В. В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник: в 2 кн. / В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. - Москва: Машиностроение, 2013. Кн. 1: Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. - 334 с. - ISBN 978-5-94275-693-2. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=37009..](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37009..)
3. Молибошко Л. А. Компьютерные модели автомобилей [Электронный ресурс] : учебник / Л. А. Молибошко. - Москва : ИНФРА-М ; Минск : Новое знание, 2012. - 295 с. - ISBN 978-5-16-005581-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=262314..>
4. Суркин В. И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс] / В. И. Суркин. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - Рекомендовано УМО. - ISBN 978-5-8114-1486-4. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=12943..](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=12943..)
5. Тарасик В. П. Теория автомобилей и двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Тарасик. - Москва: ИНФРА-М, 2013. - 448 с. - ISBN 978-5-16-006210-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=367969..>

**Дополнительная литература:**

6. Автомобильные двигатели [Текст] : учебник для вузов / [авт. кол.: М. Г. Шатров и др.] ; под ред. М. Г. Шатрова. - Москва : Академия, 2010. - 462 с. : ил., схемы. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 458. - Гриф УМО. - В пер. - ISBN 978-5-7695-6408-6. (33 экз.)
7. Автомобильные двигатели: курсовое проектирование [Текст] : учебное пособие / [И. В. Алексеев и др.] ; под ред. М. Г. Шатрова. - 2-е изд., испр. - Москва : Академия, 2012. - 256 с. - (Высшее профессиональное образование. Транспорт). - Библиогр.: с. 253. - Прил. : с. 159-252. - В пер. - Гриф УМО. - ISBN 978-5-7695-9204-1. (27 экз.)
8. Румянцев В. В. Регулирование турбокомпрессоров автомобильных двигателей [Текст]: [монография] / В. В. Румянцев, С. В. Тиунов, Р. Л. Биктимиров. - Набережные Челны: Изд-во Камской инж.-эконом. акад., 2010. - 214 с. - ISBN 978-5-9536-0219-8. (Кафедра ААДиД 30 экз.)
9. Суркин В. И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс] / В. И. Суркин. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - Рекомендовано УМО. - ISBN 978-5-8114-1486-4. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=12943..](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=12943..)

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.4 Моделирование процессов в двигателях  
внутреннего сгорания

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

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: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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.