

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

Агрегаты воздухооборудования комбинированных двигателей 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 ; Хафизов Ринат Хурамшич

### 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:

- устройство современных агрегатов наддува ДВС, устройство охладителей типа 'воздух-воздух' и 'воздух-жидкость', методы газодинамического расчета и профилирования лопаточных машин, включая турбокомпрессоры с различными способами регулирования, методы расчета опор турбокомпрессоров, устройство и современные методы теплогидравлического расчета охладителей наддувочного воздуха (ОНВ); методы испытания турбокомпрессоров и ОНВ;

- методы решения задач структурно-параметрической оптимизации.

Должен уметь:

- применять на практике положения теории турбокомпрессоров, согласовывать параметры работы турбокомпрессора и поршневой части ДВС;

- применять на практике методы структурно-параметрической оптимизации (в применении к ОНВ);

Должен владеть:

- терминологическим аппаратом дисциплины;

- навыками самостоятельной работы при выполнении расчетов;

- простейшими языками программирования.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.04.03 "Энергетическое машиностроение (Двигатели внутреннего сгорания)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 - 36 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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. Место дисциплины в учебном плане подготовки магистранта по направлению и профилю подготовки. Предмет и задачи дисциплины. Идея утилизации энергии отработавших газов. Историческая справка (Г.Даймлер, Р.Дизель, А.Бюхи и др.).	3	0	2	2	8
2.	Тема 2. Наддув поршневых двигателей - средство повышения их удельно-массовых показателей. Схемы комбинированных двигателей: с механической связью, с гидравлической связью, со свободным турбокомпрессором.	3	0	2	2	8
3.	Тема 3. Регулирование турбокомпрессоров. Переходные режимы работы комбинированных ДВС (КДВС): особенности, необходимость регулирования. Укрупненная классификация способов регулирования турбокомпрессоров агрегатов воздухоподогрева (воздействие на компрессор, воздействие на турбину, на ротор ТКР). Сдвоенные турбокомпрессоры.	3	0	2	2	8
4.	Тема 4. Теоретические основы регулирования лопаточных компрессоров. Регулирование режимов работы центробежного компрессора: перепуск части воздуха за компрессором как средство борьбы с помпажем, дросселирование потока на входе заслонками и поворотными лопатками, дросселирование потока на выходе из радиального колеса поворотом лопаток диффузора. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС. Примеры оригинальных способов регулирования по материалам патентов.	3	0	2	2	8
5.	Тема 5. Теоретические основы регулирования турбин. Регулирование режимов работы радиально-осевой турбины: перепуск газа в турбине, регулируемый сопловой аппарат (РСА), парциальные турбины, дросселирование потока газа на выходе из турбины. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС.	3	0	2	2	8

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Охладители наддувочного воздуха: типы охладителей, устройство, преимущества и недостатки. Необходимость применения циклов КДВС с промежуточным охлаждением заряда. Тепловая эффективность ОНВ. Влияние степени повышения давления в компрессоре на потребные тепловые характеристики (тепловую эффективность) ОНВ. Основные геометрические и режимные параметры. Связь тепловых и гидравлических характеристик охладителей.	3	0	2	2	8
7.	Тема 7. Основы теплового расчета ОНВ: режимы течения, уравнения подобия теплообмена, уравнение Ньютона-Рихмана, коэффициенты теплоотдачи, уравнение Фурье (количество теплоты), уравнение теплопередачи. Среднеарифметический температурный напор. Проектный и проверочный расчеты охладителей в традиционной постановке, анализ погрешности, недостатки.	3	0	2	2	8
8.	Тема 8. Взаимное влияние тепловых и гидравлических характеристик ОНВ. Совместный теплогидравлический расчет ОНВ (на примере ОНВ типа "воздух-воздух"): методические основы, алгоритм расчета. Изменение теплофизических свойств реагентов по длине каналов от взаимного направления их течения. Метод определения локальных граничных условий теплообмена в каналах ОНВ. Применение метода для последующего численного анализа гидродинамики и теплонапряженного состояния.	3	0	2	2	8
9.	Тема 9. Оптимизация режимных параметров и синтез конструкции ОНВ. Связь между коэффициентами теплоотдачи реагентов на основе решения уравнения теплопередачи в обратной постановке.	3	0	1	1	4
10.	Тема 10. Испытание и регулирование ОНВ.	3	0	1	1	4
	Итого		0	18	18	72

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

**Тема 1. Место дисциплины в учебном плане подготовки магистра по направлению и профилю подготовки. Предмет и задачи дисциплины. Идея утилизации энергии отработавших газов. Историческая справка (Г.Даймлер, Р.Дизель, А.Бюхи и др.).**

Наддув двигателей как средство повышения мощностных, экономических, экологических показателей поршневых двигателей, средство повышения экономических показателей.

Энергия отработавших газов, идея утилизации и рационального ее использования.

Первые турбокомпрессоры, вклад зарубежных (Г.Даймлер, Р.Дизель, А.Бюхи и др.) и отечественных (Б.С.Стечкин) ученых в создание развитие турбокомпрессоров.

**Тема 2. Наддув поршневых двигателей - средство повышение их удельно-массовых показателей. Схемы комбинированных двигателей: с механической связью, с гидравлической связью, со свободным турбокомпрессором.**

Способы форсирования поршневых двигателей внутреннего сгорания. Форсирование по среднему эффективному давлению цикла.

Агрегаты наддува (нагнетатели) с механической связью - типа Рут, Лисхольм, поршневые нагнетатели, лопаточные приводные компрессоры.

Турбокомпрессоры: схема наддува с газовой связью (свободные турбокомпрессоры).

**Тема 3. Регулирование турбокомпрессоров. Переходные режимы работы комбинированных ДВС (КДВС): особенности, необходимость регулирования. Укрупненная классификация способов регулирования турбокомпрессоров агрегатов воздухоподогревания (воздействие на компрессор, воздействие на турбину, на ротор ТКР) . Сдвоенные турбокомпрессоры.**

Режимы работы поршневых двигателей в составе наземных транспортных средств.

Турбокомпрессор-основное средство наддува двигателей. Необходимость регулирования.

Способы регулирования компрессоров: перепуск воздуха за компрессором, закрутка потока на входе/выходе, регулируемый лопаточный диффузор. Регулирование турбин: перепуск газа, парциальность, регулируемый сопловой аппарат.

**Тема 4. Теоретические основы регулирования лопаточных компрессоров. Регулирование режимов работы центробежного компрессора: перепуск части воздуха за компрессором как средство борьбы с помпажем, дросселирование потока на входе заслонками и поворотными лопатками, дросселирование потока на выходе из рабочего колеса поворотом лопаток диффузора. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС. Примеры оригинальных способов регулирования по материалам патентов.**

Уравнение баланса мощностей одновалного турбокомпрессора.

Уравнение расхода воздуха через двигатель.

Уравнение сохранения энергии, состояния идеального газа, идеальные (адиабатические) и реальные (политропные) процессы.

Уравнение момента количества движения в приложении к лопаточным машинам.

Регулирование компрессоров: применение положений теории к регулируемым компрессорам.

**Тема 5. Теоретические основы регулирования турбин. Регулирование режимов работы радиально-осевой турбины: перепуск газа в турбине, регулируемый сопловой аппарат (РСА), парциальные турбины, дросселирование потока газа на выходе из турбины. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС.**

Теоретические основы рабочего процесса радиально-осевой турбины: удельная работа газа (теплоперепад), влияние закрутки потока на степень реактивности ступени, мощность турбины, показатели эффективности (КПД) работы турбины.

Основные способы регулирования турбин: перепуск газа, регулируемый сопловой аппарат. Их влияние на работу двигателя.

**Тема 6. Охладители наддувочного воздуха: типы охладителей, устройство, преимущества и недостатки. Необходимость применения циклов КДВС с промежуточным охлаждением заряда. Тепловая эффективность ОНВ. Влияние степени повышения давления в компрессоре на потребные тепловые характеристики (тепловую эффективность) ОНВ. Основные геометрические и режимные параметры. Связь тепловых и гидравлических характеристик охладителей.**

Промежуточное охлаждение наддувочного воздуха, необходимость, способы.

Основные типы охладителей: по составу реагентов, по конструкции.

Тепловая эффективность охладителей, массовая теплоемкость, водяной эквивалент.

Эффективность применения охладителей при различной степени наддува двигателей.

Взаимовлияние тепловых и гидравлических характеристик охладителей.

**Тема 7. Основы теплового расчета ОНВ: режимы течения, уравнения подобия теплообмена, уравнение Ньютона-Рихмана, коэффициенты теплоотдачи, уравнение Фурье (количество теплоты), уравнение теплопередачи. Среднеарифметический температурный напор. Проектный и проверочный расчеты охладителей в традиционной постановке, анализ погрешности, недостатки.**

Уравнение теплопередачи через плоскую изотермическую стенку - основа теплового расчета охладителей.  
Уравнение Фурье, коэффициент теплопроводности.  
Уравнение Ньютона-Рихмана, коэффициент теплоотдачи.  
Коэффициент теплопередачи, среднелогарифмический температурный напор.  
Гидравлические характеристики охладителей.

**Тема 8. Взаимное влияние тепловых и гидравлических характеристик ОНВ. Совместный теплогидравлический расчет ОНВ (на примере ОНВ типа ?воздух- воздух?): методические основы, алгоритм расчета. Изменение теплофизических свойств реагентов по длине каналов от взаимного направления их течения. Метод определения локальных граничных условий теплообмена в каналах ОНВ. Применение метода для последующего численного анализа гидродинамики и теплонапряженного состояния.**

Изменение теплофизических свойств реагентов (теплоносителей) при различных схемах течения.

Влияние теплофизических свойств реагентов на характеристики теплоотдачи и потери давления в каналах теплообменников (ОНВ).

Метод определения локальных граничных условий теплообмена в каналах ОНВ. Применение метода для последующего численного анализа гидродинамики и теплонапряженного состояния.

**Тема 9. Оптимизация режимных параметров и синтез конструкции ОНВ. Связь между коэффициентами теплоотдачи реагентов на основе решения уравнения теплопередачи в обратной постановке.**

Основы проектного расчета охладителей наддувочного воздуха, исходные данные, режимные и технологические ограничения. Понятие оптимизации в применении к ОНВ.

Совершенствование методов расчета: отказ от модели изотермической стенки, отказ от понятия среднелогарифмического температурного напора.

Решение уравнения теплопередачи в обратной постановке.

**Тема 10. Испытание и регулирование ОНВ.**

Экспериментальное определение тепловых характеристик охладителей наддувочного воздуха. Планирование эксперимента. Определение обобщающих уравнений (уравнений подобия) теплообмена по результатам экспериментов. Замеряемые величины, средства измерения.

Гидравлические характеристики теплообменников (ОНВ): опытное определение, планирование и обработка результатов испытаний.

## **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 3</b>			

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ПК-2, ПК-3	3. Регулирование турбокомпрессоров. Переходные режимы работы комбинированных ДВС (КДВС): особенности, необходимость регулирования. Углубленная классификация способов регулирования турбокомпрессоров агрегатов воздуходообеспечения (воздействие на компрессор, воздействие на турбину, на ротор ТКР). Сдвоенные турбокомпрессоры. 10. Испытание и регулирование ОНВ.
2	Курсовая работа по дисциплине	ПК-3, ПК-2	2. Наддув поршневых двигателей - средство повышения их удельно-массовых показателей. Схемы комбинированных двигателей: с механической связью, с гидравлической связью, со свободным турбокомпрессором. 8. Взаимное влияние тепловых и гидравлических характеристик ОНВ. Совместный теплогидравлический расчет ОНВ (на примере ОНВ типа "воздух-воздух?"): методические основы, алгоритм расчета. Изменение теплофизических свойств реагентов по длине каналов от взаимного направления их течения. Метод определения локальных граничных условий теплообмена в каналах ОНВ. Применение метода для последующего численного анализа гидродинамики и теплонапряженного состояния.
3	Устный опрос	ПК-2, ПК-3	2. Наддув поршневых двигателей - средство повышения их удельно-массовых показателей. Схемы комбинированных двигателей: с механической связью, с гидравлической связью, со свободным турбокомпрессором. 3. Регулирование турбокомпрессоров. Переходные режимы работы комбинированных ДВС (КДВС): особенности, необходимость регулирования. Углубленная классификация способов регулирования турбокомпрессоров агрегатов воздуходообеспечения (воздействие на компрессор, воздействие на турбину, на ротор ТКР). Сдвоенные турбокомпрессоры. 4. Теоретические основы регулирования лопаточных компрессоров. Регулирование режимов работы центробежного компрессора: перепуск части воздуха за компрессором как средство борьбы с помпажем, дросселирование потока на входе заслонками и поворотными лопатками, дросселирование потока на выходе из рабочего колеса поворотом лопаток диффузора. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС. Примеры оригинальных способов регулирования по материалам патентов. 5. Теоретические основы регулирования турбин. Регулирование режимов работы радиально-осевой турбины: перепуск газа в турбине, регулируемый сопловой аппарат (РСА), парциальные турбины, дросселирование потока газа на выходе из турбины. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС.
	<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.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					



Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
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
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.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<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 3**

**Текущий контроль**

**1. Лабораторные работы**

Темы 3, 10

1. Изучение конструкции центробежных компрессоров
2. Типы рабочих колес компрессоров.
3. Способы регулирования компрессоров агрегатов наддува, конструктивное исполнение.
4. Перепуск воздуха на выходе из компрессора.
5. Регулирование компрессоров.
6. Характеристики турбокомпрессора, способы получения.
7. Стенд для испытания турбокомпрессоров.
8. Снятие характеристик на безмоторном стенде.
9. Характеристики компрессорной ступени.
10. Характеристики турбинной ступени.
11. Влияние каждого из способов регулирования на работу КДВС.

**2. Курсовая работа по дисциплине**

Темы 2, 8

Пример задания на курсовую работу по дисциплине:

Расчет на ЭВМ турбокомпрессора с исходными данными:

1. Степень повышения давления  $\pi_K=2,7$ ; расход воздуха  $G_B = 0,25$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 815$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} = 0,105$  МПа.
2. Степень повышения давления  $\pi_K=2,7$ ; расход воздуха  $G_B = 0,35$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 815$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} = 0,105$  МПа.
3. Степень повышения давления  $\pi_K=2,5$ ; расход воздуха  $G_B = 0,25$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 815$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,105 мПа.

4. Степень повышения давления  $\pi_K=2,3$ ; расход воздуха  $G_B = 0,27$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 815$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,105 мПа.

5. Степень повышения давления  $\pi_K=2,7$ ; расход воздуха  $G_B = 0,30$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 840$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,115 мПа.

6. Степень повышения давления  $\pi_K=2,0$ ; расход воздуха  $G_B = 0,25$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 800$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,105 мПа.

7. Степень повышения давления  $\pi_K=3,0$ ; расход воздуха  $G_B = 0,30$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 900$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,115 мПа.

8. Степень повышения давления  $\pi_K=2,7$ ; расход воздуха  $G_B = 0,35$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 925$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,105 мПа.

9. Степень повышения давления  $\pi_K=2,4$ ; расход воздуха  $G_B = 0,38$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 845$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,115 мПа.

10. Степень повышения давления  $\pi_K=2,7$ ; расход воздуха  $G_B = 0,40$  кг/с; температура газа на входе в турбину  $T_T = 850$  К; давление газа на выходе из турбины  $P_{T1} =$

0,105 мПа.

### 3. Устный опрос

Темы 2, 3, 4, 5

1. Уравнение расхода.
2. Уравнение сохранения энергии в форме энтальпий.
3. Уравнение сохранения энергии в механической форме (Бернулли).
4. Вторая теорема Эйлера.
5. Реактивность лопаточных машин.
6. Изменение параметров потока в проточной части компрессора.
7. Изменение параметров потока в проточной части турбины.
8. Треугольники скоростей.
9. Потери в компрессоре, КПД ступени адиабатический.
10. Потери в турбине, номенклатура КПД.
11. Основные уравнения термодинамики и механики в приложении к лопаточным машинам.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Наддув автотракторных двигателей ? перспективы и проблемы реализации.
2. Перепуск воздуха за компрессором: область применения, влияние на работу двигателя.
3. Турбокомпрессор как средство регулирования режимами работы комбинированных ДВС.
4. Влияние характеристик элементов системы воздухооборудования на массовое наполнение цилиндров ДВС
5. Сравнительная оценка способов регулирования центробежных компрессоров ТКР. Их влияние на работу КДВС.
6. Сравнительная оценка способов регулирования радиально-осевых турбин ТКР. Их влияние на работу КДВС.
7. Влияние наддува на работу и основные интегральные параметры КДВС.
8. Тепловые характеристики охладителей наддувочного воздуха (ОНВ).
9. Влияние ОНВ на работу, основные параметры и экологичность КДВС.
10. Наддув автотракторных двигателей ? перспективы и проблемы реализации.
11. Перепуск воздуха за компрессором: область применения, влияние на работу двигателя.

12. Турбокомпрессор как средство регулирования режимами работы комбинированных ДВС.
13. Влияние характеристик элементов системы воздухообеспечения на массовое наполнение цилиндров ДВС
14. Сравнительная оценка способов регулирования центробежных компрессоров ТКР. Их влияние на работу КДВС.
15. Дросселирование потока на входе в компрессорную ступень ЦБК.
16. Перепуск воздуха на входе в компрессорную ступень ЦБК.
17. Перепуск воздуха на выходе из компрессора
18. Регулируемый диффузор
19. Способы изменения напорности ступени ЦБК.
20. Сравнительная оценка способов регулирования радиально-осевых турбин ТКР. Их влияние на работу КДВС.
21. Влияние наддува на работу и основные интегральные параметры КДВС.
22. Тепловые характеристики охладителей наддувочного воздуха (ОНВ).
23. Влияние ОНВ на работу, основные параметры и экологичность КДВС.
24. Испытания турбокомпрессоров
25. Научно-исследовательские испытания ЦБК и его элементов
26. Тепловые и гидравлические характеристики ОНВ типа ?воздух-воздух?. Основные уравнения подобия теплообмена и гидравлики.
27. Система наддува ?Гипербар?.
28. Моторные и безмоторные научно-исследовательские испытания ТКР.
29. Локальные граничные условия теплообмена 3-го рода в каналах ОНВ, применение в CAD/CAE технологиях.
30. Сдвоенные турбокомпрессоры: устройство, принцип работы, преимущества.
31. Основы и алгоритм теплогидравлического расчета ОНВ
32. Числа подобия теплообмена.
33. Числа подобия гидродинамики.
34. Закон Фурье, применение для расчета теплопередачи в ДВС
35. Закон Ньютона-Рихмана, применение для расчета теплообмена в ДВС
36. Перепуск газа в турбине, преимущества, недостатки.
37. Структурно-параметрическая оптимизация ОНВ: теоретические основы, обобщенный алгоритм.
38. Тепловая эффективность ОНВ
39. Испытания ОНВ
40. Работа турбины с РСА.
41. Научно-исследовательские испытания радиально-осевых турбин.
42. Влияние угла  $\alpha_1$  на работу турбинной ступени
43. Рабочий процесс в безлопаточном сопловом (направляющем) аппарате
44. Парциальные турбинные ступени
45. Методы численного анализа течения в компрессорных ступенях ТКР
46. Методы численного анализа течения в турбинных ступенях ТКР
47. Внешнее регулирование турбинных ступеней ТКР
48. Способы внутреннего регулирования турбинных ступеней ТКР
49. Перспективы применения двухступенчатого газотурбинного наддува
50. Возможные схемы реализации двухступенчатого наддува с промежуточным охлаждением воздуха.

#### **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 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
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	20
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
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.	3	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 З++ - 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)

Двойной (комбинированный) наддув TSI - <http://systemsauto.ru/vpusk/tsi.html>

Патенты по наддуву - <http://www.findpatent.ru/patent/241/2414618.html>

Регулирование давления наддува - [https://wiki.zr.ru/Регулирование\\_давления\\_наддува](https://wiki.zr.ru/Регулирование_давления_наддува)

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

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	На практических занятиях формируются индивидуальные темы выполнения курсовой работы по дисциплине. Для студентов, имеющих квалификацию по иным направлениям подготовки выдается задание по газодинамическому расчету и профилированию проточной части компрессора и турбины турбокомпрессора. Подготавливаются исходные данные, осваивается программа расчета на ЭВМ.
лабораторные работы	Лабораторные работы выполняются на базовой кафедре на площадях и оборудовании НТЦ ПАО КАМАЗ. Перед испытаниями на стендах студенты проходят инструктаж по ТБ и ПБ. Результаты испытаний заносятся в протоколы. Результаты обработки полученных данных оформляются в виде характеристик компрессорной и турбинной ступеней турбокомпрессора.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа включает изучение лекционного материала, разделов рабочей программы по указанию преподавателя. Поскольку в учебном плане предусмотрено выполнение курсовой работы, основное время в рамках самостоятельной работы, студенты посвящают ей. При выполнении индивидуального задания на курсовую работу ее тематика должна быть связана с будущей профессиональной деятельностью студента.
курсовая работа по дисциплине	Выполнение газодинамических расчетов компрессорной и турбинной ступеней турбокомпрессора с применением программы для ЭВМ. По исходным данным студенты формируют порядок расчета основных параметров ступени компрессора, выполняют расчет.  Результат: коллективное обсуждение.
устный опрос	Проводится в начале занятий по пройденным ранее темам учебного плана. С целью контроля усвоения материала предыдущей лекции, а также контроля самостоятельной работы в течение 3...5 минут в начале занятия проводится устный опрос. Результаты опросов учитываются при аттестации студента
экзамен	Студенты допускаются к сдаче экзамена при условии: - выполнения лабораторных работ; - защиты курсовой работы. Итоговая оценка на экзамене может быть выставлена с учетом имеющихся у студента публикаций и/или выступлений на конференциях различного уровня. При этом тематика публикаций и выступлений должна соответствовать тематике (содержанию) данной дисциплины.

### 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.1 Агрегаты воздушоснабжения комбинированных  
двигателей 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:**

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. (7 экз.).

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.).

Хорош А. И. Дизельные двигатели транспортных и технологических машин [Электронный ресурс] / А. И. Хорош, И. А. Хорош. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 702 с. - ISBN 978-5-8114-1278-5. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4231..](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4231..)

**Дополнительная литература:**

Карташевич А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Карташевич. - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2013. - 313 с. - ISBN 978-5-16-006882-4. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=412187...>

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..)

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..>

Румянцев В.В., Тиунов С.В., Биктимиров Р.Л. Регулирование турбокомпрессоров автотракторных двигателей. - Набережные Челны: Изд-во Камской госуд. инж.-экон. акад., 2010. - 212 с. - Библиогра.: с. 209-212. (Монографические исследования: техника). (Кафедра ААДиД 50 экз.)

Румянцев В.В., Чернов К.В. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине 'Агрегаты наддува двигателей' (для студентов специальности 101200 - Двигатели внутреннего сгорания) . - Наб. Челны, КамПИ, 2000.-45с. (Кафедра ААДиД 50 экз.)

Румянцев В.В., Чернов К.В. Агрегаты наддува двигателей: Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 101200 - Двигатели внутреннего сгорания' - Наб. Челны: Изд-во ГОУ ВПО 'Кам. гос. инж.-эконом. акад.', 2005.-20с. (Кафедра ААДиД 50 экз.)



Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.1 Агрегаты воздухооборудования комбинированных  
двигателей 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.