

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе

А.А. Куркин

2021 г



**Кафедра «Энергетические установки и тепловые двигатели»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ОД.1  
«ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»**

Образовательная программа: основная профессиональная образовательная программа высшего образования – программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки: 13.06.01 Электро- и теплотехника  
(код и наименование направления подготовки в аспирантуре)

Направленность (профиль): Тепловые двигатели  
(наименование направленностей (профилей) подготовки в аспирантуре)

Присваиваемая квалификация:  
**«Исследователь. Преподаватель-исследователь»**

Форма обучения

очная

Нижний Новгород 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели» для аспирантов направления подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника (профиль: Тепловые двигатели) /авт. В.С.Н. Хрунков – Нижний Новгород: НГТУ, 2021. - 23 с.

Рабочая программа предназначена для методического сопровождения преподавания дисциплины (модуля) «Тепловые двигатели» аспирантам очной формы обучения по направлению подготовки кадров высшей квалификации 13.06.01 «Электро- и теплотехника» (профиль: Тепловые двигатели).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 878.

2. Паспорт научной специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59.

3. Программа-минимум кандидатского экзамена по научной специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели», утвержденная приказом Минобрнауки России от 08.10.2007 № 274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

4. Учебные планы подготовки аспирантов НГТУ по направленностям (профилям) основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Автор \_\_\_\_\_ С.Н. Хрунков  
(подпись)

14 04 2021 г.

© Хрунков С.Н., 2021

© ФГБОУВО НГТУ, 2021



**НГТУ**


**Рабочая программа дисциплины**

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
1 Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля).....	5
4 Структура и содержание дисциплины (модуля).....	6
4.1 Структура дисциплины (модуля).....	6
4.2 Содержание дисциплины (модуля).....	7
4.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий.....	7
4.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля).....	7
4.3 Практические занятия (семинары).....	13
4.4 Лабораторные работы.....	13
4.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины	13
5 Образовательные технологии.....	13
6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	14
7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины ...	14
7.1 Основная литература.....	18
7.2 Дополнительная литература.....	19
7.3 Периодические издания.....	19
7.4 Интернет-ресурсы.....	20
7.5 Нормативные документы.....	20
7.6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта	20
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	21
Лист согласования рабочей программы дисциплины.....	22
Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины .....	23

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

## 1 Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель освоения дисциплины:** формирование и развитие у аспирантов компетенций, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области тепловых двигателей и систем на основе углубленного изучения теории и системных исследований по общим закономерностям преобразования, накопления, передачи и использования тепловой энергии и информации.

### Задачи:

- формирование навыков и умений в области теории и практики тепловых двигателей;
- изучение основных методов научных исследований, применяемых в данной области;
- освоение ключевых подходов к исследованию объектов тепловых двигателей.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина (модуль) «Тепловые двигатели» включена в вариативную часть Блока 1 Программы в качестве обязательной дисциплины. Шифр дисциплины - Б1.В.ОД.1.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных аспирантами в результате освоения образовательной программы высшего образования второго уровня (магистратура, специалитет), элективных дисциплин по направленности ОПОП ВО третьего уровня (аспирантура).

Дисциплина направлена на сдачу кандидатского минимума, осуществление научно-исследовательской деятельности аспиранта по направленности программы аспирантуры и подготовку научного доклада о результатах НКР (диссертации).

Блок	Базовая или вариативная часть	Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежуточной аттестации
			Зачетные единицы	Часы			
				Общая	В том числе		
	Аудиторная	СРО					
Б1.В.ОД.1	Вариативная часть	5	3	108	12	96	
		6	3	108	12	96	экзамен
<b>ИТОГО</b>			6	216	24	192	экзамен



**НГТУ**

**Рабочая программа дисциплины**

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)**

#### **Область профессиональной деятельности выпускников:**

- Теоретические и экспериментальные исследования тепловых, газодинамических, гидродинамических, механических и физико-химических процессов в двигателях и их системах;
- Теоретические и экспериментальные исследования по обеспечению экономичности и экологической чистоты рабочих процессов в тепловых двигателях, созданию надежных конструкций двигателей и их агрегатов;
- Разработка математических моделей, пакетов программ и методов экспериментальных исследований тепловых двигателей и их систем, обеспечивающих надежное прогнозирование жизненного цикла двигателя;
- Совершенствование систем управления, диагностирования и контроля качества тепловых двигателей;
- Теоретическое обоснование и разработка новых типов тепловых двигателей.

#### **Объекты профессиональной деятельности:**

- тепловые двигатели в составе транспортных и стационарных энергетических установок, в том числе средств наземного, воздушного и водного транспорта;
- тепловые, газодинамические, гидродинамические, механические, физико-химические и информационные процессы, протекающих в цилиндрах и системах поршневых двигателей внутреннего сгорания и двигателей с внешним подводом тепла;
- тепловые станции, системы энергообеспечения предприятий;
- энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки;
- тепловые насосы;
- тепло- и массообменные аппараты различного назначения;
- теплоносители и рабочие тела энергетических установках;
- системы и диагностики автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике.

#### **Дисциплина «Тепловые двигатели» направлена на освоение следующих видов профессиональной деятельности:**

- сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбор и обоснование методик и средств решения поставленных задач;
- разработки методик и организации проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов;
- разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.

**НГТУ****Рабочая программа дисциплины**

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

№ пп.	Формируемые компетенции	Номер/ индекс компетенции
1	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	ОПК-1
2	Способность выявлять проблемные места в области тепловых двигателей, формулировать проблемы для исследования; ставить цель и конкретизировать ее на уровне задач; выстраивать научный аппарат исследования; строить модели исследуемых процессов или явлений	ПК-1
3	Способность проводить теоретические и экспериментальные исследования в области тепловых двигателей с использованием передовых технологий	ПК-2

В результате освоения дисциплины аспирант должен:


Шифр компетенции	Шифр результата обучения	Результат обучения
ОПК-1	З <sup>1</sup> (ОПК-1)-4	<b>знать:</b> основные принципы использования современных методов исследования в области тепловых двигателей
ПК-1	З <sup>1</sup> (ПК-1)-1	<b>знать:</b> современные тенденции и основные направления исследований в развитии тепловых двигателей
ПК-2	З <sup>1</sup> (ПК-2)-3	<b>знать:</b> основные методы и подходы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области тепловых двигателей с использованием передовых технологий

**4 Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

**4.1 Структура дисциплины (модуля)**

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Тепловые двигатели	216	24	24	-	-	-	192	Экзамен

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

## 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

### 4.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ раздела	Наименование раздела Дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа (СР)	Шифр результата обучения
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР		
1	Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания	6	-	-		48	3 <sup>1</sup> (ОПК-1)-4 3 <sup>1</sup> (ПК-1)-1 3 <sup>1</sup> (ПК-2)-3
2	Конструирование двигателей внутреннего сгорания	6	-	-		48	3 <sup>1</sup> (ОПК-1)-4 3 <sup>1</sup> (ПК-1)-1 3 <sup>1</sup> (ПК-2)-3
3	Системы и агрегаты наддува двигателей	6	-	-		48	3 <sup>1</sup> (ОПК-1)-4 3 <sup>1</sup> (ПК-1)-1 3 <sup>1</sup> (ПК-2)-3
4	Испытания и управление двигателями	6	-	-		48	3 <sup>1</sup> (ОПК-1)-4 3 <sup>1</sup> (ПК-1)-1 3 <sup>1</sup> (ПК-2)-3
<b>ИТОГО:</b>		24	-	-		192	

### 4.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма про- ведения за- нятий
1	2	3	4
1	Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания	Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей. Рабочие тела в ДВС. Топлива, окислители, их основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. Совершенное, несовершенное, полное и неполное сгорания топлива. Стехиометрическое количество воздуха, коэффициент избытка воздуха. Состав горючей смеси и продуктов сгорания. Теплота сгорания горючей смеси. Теплоемкость и внутренняя энергия смеси и продуктов сгорания. Процессы газообмена в двигателях. Параметры рабочего тела в цилиндре в конце процессов выпуска и зарядки. Газообмен в 4-тактных двигателях. Фазы газораспределения. Процессы выпуска, наполнения, продувки и дозарядки цилиндра. Показатели процессов газообмена. Суммарный коэффициент избытка воздуха. Коэффициенты наполнения и остаточных газов. Газообмен в 2-тактных двигателях. Действительная и геометрическая степень сжатия. Схемы газообмена. Основные пе-	Лекции



НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

		<p>риоды газообмена. Коэффициенты наполнения, остаточных газов, избытка продувочного тела, продувки, КПД очистки. Процесс сжатия. Физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Особенности процессов сжатия в двигателях с разделенными камерами сгорания. Процессы смесеобразования в двигателях. Показатели качества горючей смеси. Внешнее и внутреннее смесеобразование. Испаряемость капель и пленок жидких топлив. Методы распыления жидких топлив и суспензий. Размеры капель и формы струи распыленного топлива. Объемное, пленочное, объемно-пленочное и послойное внутреннее смесеобразование. Воспламенение горючих смесей. Распространение пламени по объему камер сгорания. Фазы сгорания. Концентрационные пределы распространения фронта пламени. Сгорание в разделенных и неразделенных камерах. Скорость распространения фронта пламени, характеристики тепловыделения, период задержки воспламенения, продолжительность сгорания, максимальные давления сгорания, скорости нарастания давлений. Расчет параметров рабочего тела в период сгорания. Экспериментальные методы исследования сгорания. Токсичность продуктов сгорания, способы ее снижения. Механизмы образования токсичных веществ. Оценка экологической безопасности двигателей по полному жизненному циклу. Стандарты ISO 14000. Процесс расширения. Теплоотдача в стенки, догорание топлива. Расчет состояния рабочего тела в процессе расширения. Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Среднее индикаторное давление. Удельный индикаторный расход топлива, индикаторный КПД. Составляющие механических потерь. Среднее давление трения, мощность механических потерь, механический КПД. Среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя. Удельный, эффективный расход топлива, эффективный КПД двигателя. Методы повышения эффективной мощности двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува. Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей.</p>	
2	Конструирование двигателей внут-	Принципы работы и классификация поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных ви-	Лекции





НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

	ренного сгорания	дов поршневых двигателей (мотокомпрессора, роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, мотовибраторов, мото-компрессора и мотогенератора газа, двигателя с внешним подводом теплоты). Общие принципы конструирования двигателей. Компонентные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды, агрегатирование. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования, автоматизированное проектирование. CAE-технологии в двигателестроении. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM. Методы расчетов на прочность деталей двигателей. Численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей. Метод конечных элементов. Выбор расчетных режимов. Оценка прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок. Параметры, характеризующие надежность двигателей. Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность. Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность. Подшипники скольжения и качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет. Фундаментные рамы, стойки и станины, картеры и поддоны, анализ конструкций, материалы, расчет на прочность. Цилиндры и блоки цилиндров, втулки и головки (крышки) цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность. Перспективы развития поршневых двигателей.	
3	Системы и агрегаты наддува двигателей	Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия. Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов. Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива. Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив. Аккумуляторные системы с электронным управлением. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические фор-	Лекции



НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-ПП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

сунки. Специальные насосы высокого давления. Топливная аппаратура двигателей с внешним смесеобразованием. Способы подачи топлива. Карбюрация, впрыск и смесеобразование. Течение двухфазных смесей. Карбюраторы. Главная дозирующая и вспомогательные системы карбюратора. Многокамерные карбюраторы. Системы впрыска бензина во впускной трубопровод. Пневмомеханическое и электронное регулирование. Центральный и распределенный впрыск. Конструкции, расчет насосов, форсунок, подогревателей и исполнительных устройств. Конструкции и свойства датчиков. Системы впрыскивания бензина в цилиндр. Количественный и качественный способы регулирований мощности при непосредственном впрыске. Системы питания газовых двигателей. Газовая аппаратура ДВС с принудительным и форкамерно-факельным зажиганием. Баллоны, испарители, редукторы, регуляторы давления, газосмесители, клапаны. Системы топливоподачи газожидкостных двигателей. Системы питания газодизелей. Состав систем и способы управления, конструкции элементов. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Системы жидкостного охлаждения. Охлаждающие жидкости и их характеристики. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов. Системы смазки, классификация, схемы, элементы системы и расчет их характеристик. Системы впуска и выпуска. Трубопроводы. Воздушные фильтры. Охладители наддувочного воздуха. Глушители шума на впуске и выпуске. Настройка систем. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушном тракте двигателей. Способы пуска двигателей. Пусковые качества. Способы облегчения запуска. Система энергоснабжения установок ДВС, электрическая система пуска. Системы зажигания. Параметры систем. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Адаптивные системы. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем. Способы нейтрализации отработавших газов. Дожигание, каталитическая нейтрализация, химические поглотители. Трехкомпонентные нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов. Системы вторичного использования теплоты. Системы утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающих жидкостей двигателей. Системы диагностирования двигателей. Виды диагностики. Методы и возможности безразборной диагностики. Средства обеспечения диагностики двигателей и



		<p>его систем. Объемные компрессоры, характеристика и особенности работы. Принцип действия и рабочий процесс поршневого компрессора. Принцип действия и показатели роторных компрессоров. Принцип действия и особенности рабочего процесса роторно-винтового компрессора. Центробежные компрессоры. Работа, затрачиваемая на сжатие воздуха. Процессы в P-V, i-S, T-S диаграммах. Коэффициенты полезного действия. Расчет проточной части компрессора. Входные устройства, типы, расчет параметров потока. Потери при течении воздуха через колесо. Течение воздуха в диффузоре. Лопаточный и безлопаточный диффузоры. Профилирование лопаток. Течение воздуха в сборниках и улитках. Газовые турбины для наддува ДВС. Активные и реактивные, осевые и радиальные турбины. Истечение газа из сопел. Обтекание газом решетки лопаток, потери в решетках. Работа газа на окружности рабочего колеса и коэффициенты полезного действия. Расчет решетки сопловых и рабочих лопаток. Принципы профилирования лопаток. Безлопаточный сопловой аппарат центростремительной турбины.</p>	
4	Испытания и управление двигателями	<p>Понятие измерения. Ошибки измерений. Виды испытаний двигателей. ГОСТы на испытания. Преобразование неэлектрических величин в электрические. Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого-цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени. Измерение стационарных и переменных давлений. Приемники статического и полного давления. Датчики для измерения быстропеременных давлений. Индицирование. Измерение стационарных и мгновенных расходов жидкостей и газов. Измерение скорости нестационарных потоков жидкостей и газов. Термоанемометр и лазерный доплеровский измеритель скорости. Ионный анемометр. Измерение стационарных и нестационарных температур и тепловых потоков в ДВС. Измерения температур в цилиндре двигателя. Токосъемники, бесконтактные способы передачи сигналов от датчиков. Методы химического анализа газов в исследованиях ДВС. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах. Аппаратура и способы измерения шума и вибрации двигателя. Измерение общего уровня шума и уровня шума отдельных источников. Оборудование боксов и лабораторий. Испытательные стенды. Гидравлические, электрические и индукторные</p>	Лекции



НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-ПП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

тормоза и их характеристики. Согласование характеристик тормоза и двигателя. Автоматизированные измерительные комплексы. Интерфейс, средства сбора и первичной обработки сигналов, организация многоканального опроса и синхронизация. Основные понятия математической теории эксперимента. Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы. Ортогональные и ротатабельные планы. Сверхнасыщенные и насыщенные планы. Выделение существующих факторов. Отсеивающие эксперименты. Системы автоматического управления (САУ) и регулирования (САР). Двигатель и регулятор как элементы САР. Установившиеся и неустойчивые режимы работы. Статические и динамические характеристики. Устойчивость двигателей, самовыравнивание. Дифференциальное уравнение двигателя как объекта регулирования по частоте вращения. Передаточные функции и структурная схема двигателя. Динамические характеристики двигателя: переходные процессы, частотные характеристики. Регуляторы прямого действия. Статические характеристики. Регуляторы непрямого действия. Исполнительные устройства регуляторов. Серводвигатели. Конструктивные схемы и принцип действия. Передаточная функция и структурная схема. Устойчивость САР. Критерии устойчивости Рауза-Гурвица, Михайлова, Найквиста, особенности их использования. Показатели работы САР. Прямые и косвенные показатели качества. Диаграмма Вышнеградского. Нелинейные САР. Типовые нелинейности в САР двигателей. Особенности нелинейных САР - устойчивость и автоколебания. Микропроцессорные устройства в системах управления двигателями. Элементы систем управления. Системы управления наддувом, газораспределением, рециркуляцией отработавших газов. Автоматизация двигателей. Задачи автоматизации двигателей различного назначения. Степени автоматизации двигателей. Автоматическая защита, сигнализация, диагностирование. Автоматизация пуска и остановки. Дистанционное управление.



НГТУ

Рабочая программа дисциплины

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

**4.3 Практические занятия**

Учебным планом не предусмотрено.

**4.4 Лабораторные работы**

Учебным планом не предусмотрено.

**4.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины**

Самостоятельная работа аспиранта при изучении дисциплины «Тепловые двигатели» составляет 192 часа.

В ходе самостоятельной работы аспирант:


- изучает материалы, не освещенные в лекциях;
- готовится к экзамену.

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	2	3
1	Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, регулирование изменением объема). Оптимизация рабочего процесса двигателей. Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.	48
2	Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компоновка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения. Органы газораспределения двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение.	48
3	Особенности работы компрессоров и турбин в составе комбинированного двигателя. Характеристики объемных и центробежных компрессоров и газовых турбин. Понятие об устойчивости работы центробежного и осевого компрессора. Помпаж. Регулирование турбокомпрессоров. Согласование характеристик поршневого двигателя и агрегатов наддува.	48
4	Моделирование двигателей. Виды моделей. Физическое моделирование. Критерии подобия, методы их получения. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Кибернетические модели. Оценивание параметров математических моделей по результатам измерений. Общие положения теории оценивания. Вероятностный и гарантирующий методы.	48
ИТОГО:		192

**5 Образовательные технологии**

При освоении дисциплины «Тепловые двигатели» используются следующие образовательные технологии:

- активные (лекции);

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

- информационные (анализ и обзор источников информации);
- компьютерные (виртуальные и сетевые интернет-технологии),
- информационно-коммуникативные (компьютеры, телекоммуникационные сети),
- коммуникативные (обсуждение проблем на аудиторных занятиях, круглые столы, диспуты, участие в аспирантских научных и научно-практических конференциях),
- проблемные задания аспирантам, и их представление, разбор конкретных ситуаций.

**6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

По итогам освоения дисциплины аспирантом сдается экзамен.

Текущий контроль освоения материала по каждому разделу дисциплины осуществляется тестированием.

**Образцы оценочных средств  
для проведения текущего контроля в виде тестов**

**Тесты к разделу 1:**

**Вопрос 1:** Рабочий цикл комбинированного 4-х тактного ДВС. Анализ показателей цикла..

**Вопрос 2:** Процессы смесеобразования в ДВС. Общая классификация. Особенности процессов смесеобразования дизелей. Оценка перспективности.

**Тесты к разделу 2:**

**Вопрос 1:** Классификация ДВС. Общие принципы конструирования ДВС. Компонентные схемы.

**Вопрос 2:** Неуравновешенность ДВС. Способы балансировки двигателей. Анализ.

**Тесты к разделу 3:**

**Вопрос 1:** Особенности работы турбокомпрессора в составе комбинированного двигателя. Помпаж.

**Вопрос 2:** Требования к топливной аппаратуре современных дизелей. Основные тенденции.

**Тесты к разделу 4:**

Версия: 1.0	Без подписи документ действителен 3 суток после распечатки. Дата и время распечатки:	КЭ: _____	УЭ № _____	Стр. 14 из 23
-------------	--	-----------	------------	---------------

**НГТУ****Рабочая программа дисциплины**

СК-РП-19.12-05-01


Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»**Вопрос 1:** ГОСТы на проведение испытаний двигателей. Виды испытаний.**Вопрос 2:** Автоматизация двигателей. Степень автоматизации. Задачи.**Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации  
по итогам освоения дисциплины (экзамен)****Оценивание «знаниевой» составляющей компетенции**

Шифр компетенции	Шифр результата обучения	Номер темы	Вопросы
ОПК-1	3 <sup>1</sup> (ОПК-1)-4	1	1. Рабочий цикл комбинированного 4-х тактного ДВС. Анализ показателей цикла. 2. Основные показатели рабочего процесса ДВС. Показатели совершенства термодинамического цикла. Оценка. 3. Газообмен в 4-х тактных двигателях. Показатели процесса. Оценка. 4. Газообмен в 2-х тактных двигателях. Схемы газообмена. Показатели процесса. Оценка.
		2	5. Процессы смесеобразования в ДВС. Общая классификация. Особенности процессов смесеобразования дизелей. Оценка перспективности. 6. Процессы сгорания и тепловыделения в ДВС. Показатели процесса сгорания в дизеле. Характеристика тепловыделения дизеля.
		3	7. Токсичность продуктов сгорания ДВС. механизмы образования токсичных веществ. Законодательные требования к выбросам ОГ. Требования специального технического регламента и Правил ЕЭК ООН по токсичности ОГ
		4	8. Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Влияние различных факторов на индикаторные показатели. 9. Методы повышения эффективной мощности ДВС. Анализ перспектив применения различных способов. Оценка. Обоснование. Выводы.
ПК-1	3 <sup>1</sup> (ПК-1)-1	1	10. Наддув как метод форсирования ДВС. Обоснование широкого применения. Оценка дальнейших перспектив развития метода. 11. Наддув ДВС. Схемы систем наддува. Анализ преимуществ и недостатков различных систем наддува. Оценка. 12. Классификация ДВС. Общие принципы конструирования ДВС. Компоновочные схемы. Принципы конструирования. Основные показатели, характеризующие совершенство конструкции ДВС. 13. Роторно - поршневые ДВС. История развития (желательно). Особенности конструкции и протекания рабочего процесса РПД.
		2	14. Анализ преимуществ, недостатков и перспектив применения. 15. Разработать программу работ по созданию нового продукта (двигателя внутреннего сгорания) по требованиям конкретного потребителя. Представить алгоритм. Показать, доказать и обосновать этапы жизненного цикла. Оценить перспективы. 16. Оценка прочности деталей и узлов двигателя. Методы оценки. Выбор расчетных режимов. Оценка параметров надежности. 17. Системы управления фазами ГРМ. Рассмотреть схемы и компоновки



			механизмов ГРМ. Оценить.
		3	18. Рассмотреть основные перспективы развития тепловых двигателей в качестве основного элемента энергетической установки для наземного транспорта, мобильных и стационарных установок данном этапе развития. Провести анализ. 19. Топливные системы двигателей с искровым зажиганием. Системы впрыска бензина. 20. Классификация преобразующих механизмов ДВС. Кинематика КШМ. Неуравновешенность ДВС. Способы балансировки двигателей. Анализ. 21. Крутильные колебания валов и приводов систем газораспределения и топливоподачи. Резонанс. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях.
		4	22. Шум и вибрация в ДВС. Источники. Способы снижения шума и вибраций. 23. Топливоподача в дизелях. Схемы систем. Конструкция различных видов ТНВД. 24. Топливоподача в дизелях. Система «Common -Rail». Схема. Конструкция основных элементов. 25. Требования к топливной аппаратуре современных дизелей. Основные тенденции д Системы впрыскивания бензина в двигателях легкого топлива. Впрыск бензина во впускной трубопровод (центральный и распределенный впрыск). Конструкция основных элементов. Особенности. Перспективы развития. 26. Система непосредственного впрыскивания бензина. Способы регулирования мощности двигателя при непосредственном впрыске бензина. Анализ. 27. Системы впуска и выпуска. Схемы систем. Анализ конструкций. Методы расчета и настройка систем газоснабжения. 28. Системы питания газовых двигателей. Конструкция основных элементов. Особенности. Перспективы. 29. Способы нейтрализации отработавших газов. Современные системы нейтрализации ОГ. Схемы систем. Принципы работы. Перспективы.
ПК-2	3 <sup>1</sup> (ПК-2)-3	1	30. Особенности работы ТКР в составе комбинированного двигателя. Помпаж. Согласование работы ТКР с поршневой частью. 31. Регулирование ТКР. Необходимость. Способы регулирования. Анализ. Общие выводы. 32. Охладители наддувочного воздуха (ОНВ). Назначение. Особенности конструктивного исполнения и их оценка. Параметры оценки эффективности ОНВ. Выводы. Перспективы.
		2	33. ГОСТы на проведение испытаний двигателей. Виды испытаний. Понятие измерений. Ошибки измерений. Виды ошибок и оценка точности измерений. 34. Разработка программы экспериментальных исследований. Согласование характеристик тормозной установки и двигателя. Подбор тормоза. Обоснование и подбор аппаратуры для проведения испытаний.



	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

			Уточнение методики проведения испытаний.
		3	35. Многофакторный эксперимент. Необходимость. Выделение существенных факторов. Планы многофакторных экспериментов. Обзор. Обоснование выбора конкретного варианта плана.
		4	36. Системы САУ и САР. Режимы работы двигателя. Переходные процессы работы двигателя. Критерии устойчивости. Особенности их использования. Регуляторы прямого и непрямого действия. Их характеристики. Исполнительные устройства. Серводвигатели. 37. Автоматизация двигателей. Степень автоматизации. Задачи. Автоматическая защита, сигнализация, диагностирование. Дистанционное управление.

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций,  
а также шкал оценивания**

Категорий «знать» применяется в следующих значениях:

«*знать*» – воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты.

**Интегральный уровень сформированности компетенции определяется по следующим критериям:**

- пороговый уровень дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- повышенный уровень предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

**Критерии оценивания компетенции следующие:** проверка уровня сформированности «знаниевой» составляющей компетенции по теме:

- «Неудовлетворительно» – не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки.
- «Удовлетворительно» – допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, имеются затруднения с выводами.
- «Хорошо» – способен логично мыслить, системно выстраивает изложение материала, излагает его, не допуская существенных неточностей.
- «Отлично» - свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные

**НГТУ****Рабочая программа дисциплины**


СК-ПП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

методы решения проблем, использует в ответе материал монографической литературы.

**7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины****7.1 Основная литература**

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1	2	3	4	5	6
1	Орлин А.С., Круглов М.Г., Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А. и др.; Под ред Орлина А.С., Круглова М.Г.	Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.2. Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учеб. по специальности "Двигатели внутреннего сгорания"	М.: Машиностроение, 1983. - 372 с.	Учебник	40
2	Луканин В.Н., Морозов К.А., Хачиян А.С. и др.; Под ред Луканина В.Н.	Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов:	М.: Высшая школа, 1995. - 368 с.	Учебник	15
3	Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. и др.; Под ред Орлина А.С., Круглова М.Г.	Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.3. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей.	М.: Машиностроение, 1984.- 384 с.	Учебник	15
4	Луканин В.Н., Алексеев И.В., Шатров М.Г. и др.; Под ред Луканина В.Н.	Двигатели внутреннего сгорания В 3 кн. Кн.2. Динамика и конструирование:	М.: Высшая школа, 1995. - 319 с.	Учебник	2
5	Орлин А.С., Круглов М.Г., Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А. и др.; Под ред Орлина А.С., Круглова М.Г.	Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.4. Системы поршневых и комбинированных двигателей.	М.: Машиностроение, 1985, 456 с	Учебник	15


	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

### 7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1	Воинов А.Н.	Сгорание в быстроходных поршневых двигателях	М.: Машиностроение, 1977. –280 с.	Учебник	2 каф.
2	Астахов И.В.	Топливные системы и экономичность дизелей	М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.	Учебник	2 каф
3	Крутов В.И.	Автоматическое регулирование и управление ДВС	М.: Машиностроение, 1989. - 416 с.	Учебник	2 каф
4	Попык К.Г.	Динамика автомобильных и тракторных двигателей	М.: Высшая школа, 1972. - 327 с.	Учебник	6
5	Круглов М.Г., Меднов А.А.	Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания	М.: Машиностроение, 1988. –360 с.	Учебное пособие	6
6	Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н.	Токсичность двигателей внутреннего сгорания	М.: Изд-во РУДН, 1998. - 214 с.	Учебное пособие	2 каф
7	Марков В.А., Баширов Р.М., Кислов В.Г. и др.	Токсичность отработавших газов	Уфа: Изд-во БГАУ, 2000. - 144 с.	Учебное пособие	2 каф
8	Байков Б.П.	Турбокомпрессоры для наддува дизелей	Л.: Машиностроение, 1985. - 200 с.	Справочное пособие	2 каф
9	Райков И.Я.	Испытания двигателей внутреннего сгорания	М.: Высшая школа, 1975. - 320 с.	Учебник	2 каф

### 7.3 Периодические издания

1. Вестник Международной академии холода
2. Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия "Машиностроение"
3. Вестник транспорта Поволжья
4. Двигателестроение
5. Известия высших учебных заведений. Машиностроение
6. Известия МГТУ "МАМИ"
7. Компрессорная техника и пневматика
8. Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

9. Научно-технический журнал "Двигатель"
10. Тракторы и сельхозмашины
11. Труды НАМИ
12. Электрические станции

#### 7.4 Интернет-ресурсы

- Межотраслевая электронная библиотека <https://rucont.ru/>
- Институт Инженерный журнал: наука и инновации <http://www.engjournal.ru/>
- Промышленная энергетика <http://www.promen.energy-journals.ru>
- Теплоэнергетика <http://tepen.ru>
- Энергетик <http://www.energetik.energy-journals.ru>

#### 7.5 Нормативные документы


- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. №1715-р
- Государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики», утв. 28 марта 2019 г. постановлением Правительства Российской Федерации № 335
- Государственная программа «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2020 № 390

#### 7.6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, компьютерных классах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях.


Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лекционных занятий.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные монографии, учебники и учебно-методические пособия, периодическую литературу, а также конспекты лекций.

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

### 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Лекционные занятия – мультимедийный класс, лекционная аудитория а. 5125	Мультимедийные средства: проекторы, настенные экраны, ноутбуки. Доступ в Internet через локальную сеть 100 Мбит/с.	- Операционная система Windows XP, Prof, S/P3 (Подписка DreamSpark Premium действительна до 31.12.2017) - MSOffice 2007 лиц №43847744 (бес- срочная)
Самостоятельная работа - залы электронных информационных ресурсов (Электронные классы) НТБ а.2210, 6119, 6162. Читальные залы а. 2202, 2203 - компьютерный класс ИВЦ а.1215	30 персональных компьютеров. Доступ к библиотечному фонду НГТУ. Доступ в Internet через локальную сеть 30 Мбит/с.	- MS Access 2010 (Подписка DreamSpark Premium действительна до 31.12.2017). - MathCAD 14 (PKG-TL7517-FN, MMT-TL7517PN-T2 безсрочно) - Matlab R2008a Лиц №527840 - AutoCAD 2015 Серийный номер / ключ продукта 545-19358656 / 651G1 - Visual Studio 2008 (Подписка DreamSpark Premium действительна до 31.12.2017) - Dr.Web (срок лиц.2016-02-29 – 2017-04-27) - Реферативные наукометрические базы (eLIBRARY.RU, Web of Science, Scopus), электронные библиотечные системы (издательства «Инженерные науки», «Лань», «Машиностроение», «Информатика», «НЭИКОН»); - Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС) «МАРК-SQL 1.14», ЗАО «НПО «ИН-ФОРМ-СИСТЕМА» с 20 октября 2014 (Договор № 069/2014-А/О).

	<b>НГТУ</b>
	<b>Рабочая программа дисциплины</b>
СК-РП-19.12-05-01	Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Тепловые двигатели»

**ЛИСТ  
согласования рабочей программы**

Направление подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (профиль): Тепловые двигатели

Дисциплина: Тепловые двигатели

Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная

Учебный год \_\_\_\_\_ 2020 - 2021

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Энергетические установки и тепловые двигатели»  
протокол № 4 от "12" марта 2021г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой «Энергетические установки и тепловые двигатели»

К.Т.Н., доцент

подпись

С.Н. Хрунков

расшифровка подписи

дата

14.04.21

Автор:

К.Т.Н., доцент

подпись

С.Н. Хрунков

расшифровка подписи

дата

14.04.21

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета подготовки специалистов высшей квалификации

личная подпись

расшифровка подписи

дата



**НГТУ**

**Рабочая программа дисциплины**

СК-РП-19.12-05-01

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1  
«Тепловые двигатели»

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учеб-  
ный год

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_  
(подпись, расшифровка подписи)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20... г

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на дан-  
ный учебный год

**СОГЛАСОВАНО:**

Декан ФСВК

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета (института, где реализуется данное направление) личная подпись расшифровка подписи дата*