



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**СОГЛАСОВАНО**

Инженерная школа ДФУ

Руководитель ОП Эксплуатация  
транспортно-технологических машин и  
комплексов

А.В. Старков

(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)

« 27 » июня 2014 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заведующий кафедрой транспортных машин и  
транспортно-технологических процессов

С.В. Старков

« 27 » июня 2014 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Силовые агрегаты

**Направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов**

Профиль: «Автомобили и автомобильное хозяйство»

Программа подготовки: «прикладной бакалавриат»

**Форма подготовки заочная**

курс 4 семестр 7,8

лекции 12 час.

практические занятия 12 час.

лабораторные работы 6 час.

в том числе с использованием МАО лек. 2 /пр. 6 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 30 час.

в том числе с использованием МАО 8 час.

самостоятельная работа 150 час.

в том числе на подготовку к экзамену 9 час.

контрольные работы (количество)

курсовая работа 8 семестр

экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14.12.2015 № 1470

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры транспортных машин и транспортно-технологических процессов, протокол № 11 от 29.06 2015 г.

Заведующий (ая) кафедрой канд. тех. наук, доцент Старков С.В.

Составитель (ли): канд. техн. наук, доцент Горчаков Ю.Н.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « 8 » июня 2016 г. № 10

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Угай  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree** in 23.03.03 "". Exploitation of transport and technological machines and complexes

**Study profile/ Specialization/ Master's Program** "Title Automobiles and automobile economy

**Course title:** powertrains

**Basic part of Block 5,** credits.

**Instructor:** Gorchakov I.N.

**At the beginning of the course a student should be able to:**

- ability to solve standard tasks of professional activity on the basis of information and bibliographic culture with the use of information and communication technologies and taking into account the basic requirements of information security (GPC-1);

- ability to develop and use graphical technical documentation (SPC-8);

**Learning outcomes:**

- ability to choose materials for use in the operation and maintenance of transport, transport-technological machines and equipment for various purposes taking into account the influence of external factors and requirements for safe, efficient operation and cost (SPC-10);

- the knowledge of the directions beneficial use of natural resources, energy and materials in the operation, repair and maintenance of transport and transport-technological machinery and equipment for different purposes, their assemblies, systems and components (SPC-12);

**Course description:** The program includes the presentation of theoretical foundations of thermal, dynamic and kinematic calculation of internal combustion engines. Consideration of the key mechanisms and systems of engines designs and calculations.

### **Main course literature:**

1. Shatrov M.G., Morozov K.A., Alekseev I.V. Avtomobilniye dvigateli [Car engines: the textbook for students. Executive. Proc. institutions]. – Moscow: Izdatelskii zentr "Akademiya", 2010. –464 p. (rus) – Access: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:669154&theme=FEFU>

2. Chmil V.P., Chmil Y.V. Avtotransportnye sredstva [Motor vehicles.] izd-vo "Lan". 2011. – 336 p (rus) – Access: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=697](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=697)

3. Shatrov M.G., Alekseev I.V. Bogdanov S.N. Avtomobilnie dvigateli. Kursovoe proektirovanie [Automobile engines. Course design]. – M.: Izdatelskii

zentr “Akademiya”, 2012. – 256 p. (rus) – Access:  
<http://window.edu.ru/library/pdf2txt/278/75278/55952>

4. Milisarov V.M., Besplko P.P., Kamenskay M.A. Teplovoy raschet I teplovoy balans karburatornogo dvigately I dvigately vpriskom topliva [Thermal design and heat balance of the carburettor engine and engine with fuel injection: Tutorial].–Tambov: izd-vo TGTU, 2009. – 128 p. (rus) – Access:  
<http://window.edu.ru/resource/342/68342>

5. Syrkin V.I. Osnovi teorii i rascheta avtotraktornich dvigateley [Fundamentals of the theory and calculation of automotive engines] izd-vo “Lan”. 2013. – 297 p (rus) – Access: [:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=12943](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=12943)

**Form of final control:** *exam*

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Силовые агрегаты» разработана для студентов 4 курса направления подготовки **23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологические машин и комплексов**, профиль: «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Дисциплина «Силовые агрегаты» входит в часть дисциплин блока Б1 вариативной части и является обязательной дисциплиной Б1.В.ОД.7

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (12 часа), лабораторные работы (6 часов), практические занятия (12 часов), курсовая работа, самостоятельная работа студента (150 часов). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 6,7 семестре.

Программа предусматривает изложение теоретических основ теплового, динамического и кинематического расчета двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрения основных механизмов и систем двигателей их конструкций и расчет.

Для освоения изучаемой дисциплины необходимы знания по следующим дисциплинам: высшая математика, химия, физика, теоретическая механика, сопротивление материалов, инженерная графика, технология конструкционных материалов, материаловедение, теория механизмов и машин, детали машин и основы конструирования. Изучаемая дисциплина, в свою очередь, является основой для освоения таких дисциплин, как автомобили и тракторы, самоходные строительные машины, землеройные машины, строительные и дорожные машины, эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин.

**Цель** преподавания дисциплины состоит в том, чтобы на основе теории и методов научного познания дать будущим специалистам по эксплуатации транспортно-технологических машин знания, умения, практические навыки и компетенции по исследованию, расчетам и эксплуатации силовых агрегатов самоходных строительных машин.

### **Задачи:**

- обеспечить необходимые знания по конструкции и расчетам двигателей внутреннего сгорания;
- показать тенденции развития двигателей и перспективы использования существующих и альтернативных двигателей.

Для успешного изучения дисциплины «Силовые агрегаты» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные

компетенции, полученные при освоение предыдущих дисциплин учебного плана:

- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1);
- способностью разрабатывать и использовать графическую техническую документацию (ПК-8);

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-10 способностью выбирать материалы для применения при эксплуатации и ремонте транспортных, транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения с учетом влияния внешних факторов и требований безопасной, эффективной эксплуатации и стоимости (ПК-10);</p>	Знает	<p>Назначение, конструкции узлов и систем двигателей внутреннего сгорания, в том числе, включающих в себя современные электронные компоненты; основные положения теории ДВС; цели и принципы инженерных расчетов деталей, механизмов, агрегатов и систем ДВС; Основные методы теоретических и экспериментальных исследований двигателей.</p>
	Умеет	<p>Пользоваться современными измерительными и технологическими инструментами; идентифицировать и классифицировать механизмы и устройства, используемые в конструкциях двигателей при наличии их чертежа или доступного для разборки образца и оценивать их основные качественные характеристики; идентифицировать на основании маркировки эксплуатационные материалы и определять возможные области их применения</p>
	Владеет	<p>основными методами исследования и проектирования механизмов машин и приборов; инженерной терминологией в области эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов</p>
<p>ПК-12 владением знаниями направлений полезного использования</p>	Знает	<p>Основные методы проведения испытаний и снятия регулировочных, скоростных и нагрузочных характеристик двигателей.</p>
	Умеет	<p>Пользоваться современными измерительными и технологическими инструментами; обрабатывать</p>

природных ресурсов, энергии и материалов при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения, их агрегатов, систем и элементов (ПК-12);		результаты испытаний методами математической статистики.
	Владеет	методами определения основных эксплуатационных свойств и характеристик, наземных транспортно-технологических машин;

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Двигатели внутреннего сгорания» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: мозговой штурм (брейнсторм, мозговая атака) и презентация на основе современных мультимедийных средств.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел I. Общее устройство силовых агрегатов (2 час.)**

#### **Тема 1. Классификация двигателей**

Элементы классификации двигателей.

#### **Тема 2. Общее устройство поршневых двигателей внутреннего сгорания**

Состав и структура поршневого двигателя внутреннего сгорания

#### **Тема 3. Общее устройство роторно-поршневых и газотурбинных двигателей**

Конструкция РПД. Рабочий процесс четырехтактного цикла двигателя. Показатели работы РПД. Достоинства и недостатки двигателей.

Принципиальная схема газотурбинного двигателя. Рабочий процесс двигателя.

### **Раздел II. Рабочие процессы и показатели ДВС (2 час.)**

#### **Тема 1. Основные параметры ДВС**

Эффективные мощность, крутящий момент, частота вращения удельный расход топлива.

#### **Тема 2. Характеристики ДВС**

Основные характеристики (скоростная, нагрузочная, регулировочная, многопараметровая, токсическая и специальные) ДВС.

#### **Тема 3. Рабочие процессы ДВС**

Рабочие процессы двухтактных и четырехтактных бензиновых и дизельных двигателей. Процессы газообмена. Процесс сжатия. Процессы смесеобразования и тепловыделения. Понятие о тепловом расчете двигателя. Расчет параметров процесса сгорания. Процесс расширения.

#### **Тема 4. Действительные индикаторные диаграммы ДВС**

Теоретические и действительные циклы. Диаграммы газообмена четырехтактных и двухтактных двигателей (без наддува, с наддувом от приводного нагнетателя и с газотурбинным наддувом).

### **Раздел III. Механизмы ДВС. Анализ конструкций (2 час)**

#### **Тема 1. Кривошипно - шатунный механизм**

Назначение, типы и общее устройство КШМ.

#### **Тема 2. Механизм газораспределения**

Назначение, типы и общее устройство механизма газораспределения. Гидравлические компенсаторы. Фазы газораспределения, диаграмма фаз. Регулируемые фазы газораспределения Устройство клапанного механизма газораспределения. Газораспределение двухтактных двигателей.

### **Раздел IV Системы ДВС (2 час)**

#### **Тема 1. Системы питания**

Система питания карбюраторного двигателя. Общая схема питания. Элементы системы. Карбюратор.

Системы с инжекторным впрыскиванием бензина. Центральный впрыск. Распределенный впрыск. Схема системы распределенного впрыскивания бензина. Электромагнитная форсунка. Системы с непосредственным впрыском. Системы впрыска закиси азота («сухая», «мокрая» и «директ-порт»).

Система питания дизелей. Общая схема питания. Распыливание топлива и параметры распыливания. Развитие факела топлива. Смесеобразование при неразделенных камерах сгорания. Смесеобразование при разделенных камерах сгорания. Сравнение различных способов смесеобразования. Элементы системы. Топливные насосы высокого давления. Форсунки и фильтры. Аккумуляторные системы питания. Наддув. Виды и способы наддува.

Система питания газовых двигателей. Особенности работы газовых двигателей. Перевод бензиновых двигателей и дизелей на газовое топливо. Газобаллонные установки.

#### **Тема 2. Системы зажигания и управления**

Назначение и виды систем зажигания. Батарейная система зажигания. Элементы систем. Распределитель, катушка зажигания. Источники тока. Аккумуляторная батарея. Генераторы. Методы и средства регулирования

напряжения. Опережение зажигания. Электронные системы зажигания. Проверка и установка зажигания.

### **Тема 3. Системы смазывания и охлаждения**

Основы гидродинамической теории смазки. Классификация и основные свойства масел. Присадки. Классификация систем смазки. Элементы и основные параметры систем.

Классификация систем охлаждения. Элементы и основные параметры систем. Термостат, радиатор, помпа и вентилятор. Оптимальные режимы работы двигателей и способы их осуществления.

### **Тема 4. Системы газообмена ДВС**

Система впуска. Система выпуска. Наддув. Виды и способы наддува.

### **Тема 5. Экологические аспекты ДВС (1 час)**

Токсичность и дымность отработавших газов. Основные определения. Нормирование токсичности и дымности отработавших газов двигателей. Влияние различных факторов на токсичность отработавших газов двигателей с искровым зажиганием. Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием. Влияние различных факторов на токсичность и дымность отработавших газов дизелей. Снижение токсичности и дымности отработавших газов дизелей. Акустические показатели двигателей. Снижение шума двигателей.

## **Раздел V Основы динамики автомобильных двигателей (2час)**

### **Тема 1. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма (4 час)**

Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Газовые и инерционные нагрузки на элементы двигателей. Суммарные силы и моменты, действующие в КШМ. Суммарный крутящий момент двигателя.

### **Тема 2 Уравновешенность и уравнивание ДВС**

Силовые факторы, вызывающие неуравновешенность поршневого двигателя. Принцип уравнивания центробежных сил инерции и моментов этих сил (уравнивание коленчатого вала). Принцип уравнивания инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение.

## **Раздел VI. Перспективные направления развития транспортных двигателей (2 час)**

**Тема 1. Применение в ДВС традиционных и перспективных топлив**  
Топлива на основе нефти. Применение топлив растительного происхождения. Применение спиртов. Применение диметилэфира. Применение природного газа. Применение водорода.

### **Тема 2. Нетрадиционные силовые установки транспортных машин**

Основные пути совершенствования автомобильных двигателей. Комбинированные энергетические установки. Силовые установки на топливных элементах. Электромобили.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (12 час.)**

#### **Занятие 1. Тепловой расчет бензинового двигателя (2 час.)**

1. Расчет параметров рабочего процесса бензинового двигателя.
2. Расчет основных показателей рабочего цикла.
3. Построение индикаторной диаграммы рабочего процесса.

#### **Занятие 2. Тепловой расчет дизельного двигателя (2 час.)**

1. Расчет параметров рабочего процесса дизельного двигателя.
2. Расчет основных показателей рабочего цикла.
3. Построение индикаторной диаграммы рабочего процесса.

#### **Занятие 3. Кинематический и динамический расчет ДВС (2 час)**

1. Расчет кинематики ДВС.
2. Силовой расчет ДВС.
3. Определение суммарного крутящего момента ДВС.

#### **Занятие 4. Расчет поршневой группы ДВС (2 час).**

1. Расчет поршня
2. Расчет поршневого пальца
3. Расчет компрессионных колец

#### **Занятие 5. Расчет шатунной группы (2 час).**

1. Расчет шатуна.
2. Расчет шатунной крышки.
3. Расчет подшипников скольжения.

#### **Занятие 6. Расчет коленчатого вала (2 час)**

1. Расчет шеек коленчатого вала.
2. Расчет щёк и противовесов коленчатого вала.
3. Проверочные расчеты коленчатого вала.

### **Лабораторные работы (6 час).**

**Лабораторная работа №1.** Исследование кривошипно-шатунных механизмов многоцилиндровых ДВС (1 час).

**Лабораторная работа №2.** Исследование механизмов газораспределения ДВС (1 час).

**Лабораторная работа №1.** Исследование систем питания дизельных двигателей (4 час).

**Лабораторная работа №4.** Исследование систем питания двигателей с искровым зажиганием (1 час).

**Лабораторная работа №5.** Исследование систем зажигания и управления двигателем (2 час).

### III. ТЕМАТИКА И ПЕРЕЧЕНЬ КУРСОВЫХ РАБОТ И РЕФЕРАТОВ

Тема курсовой работы: «Тепловой и динамический расчет двигателя внутреннего сгорания».

Варианты исходных данных приведены в таблице

Таблица Исходные данные для расчета двигателя

Вариант №	Мощность, $N_{e, кВт}$	Степень сжатия, $\epsilon$	Коэфф. избытка воздуха, $\alpha$	Топливо	Число цилиндров $i$	Частота вращения, $n, \text{мин}^{-1}$
01	40	16	1,3	DT	R3	3000
	140	7	1	АИ-92	R6	4200
02	460	16	1,4	DT	V8	1000
	120	8	1	АИ-92	H6	4600
03	260	19	1,3	DT	V6	2600
	50	8	1	АИ-92	R3	4200
04	175	18	1,4	DT	R6	2500
	55	10	0,9	RON-95	R4	4300
05	105	19	1,4	DT	R5	2400
	60	9	1	АИ -93	R4	4400
06	340	18	1,4	DT	H8	1900
	65	8	0,9	АИ-92	R4	4500
07	230	16	1,4	DT	V6	2900
	100	7	1	АИ-92	R5	4200
08	310	16	1,4	DT	V8	2100
	75	9	0,9	АИ -93	H4	4700
09	300	18	1,3	DT	V8	2200
	80	8	1	АИ-92	R5	4800
10	290	17	1,4	DT	V8	2300
	85	12	0,9	АИ-98	R5	4500
11	280	16	1,3	DT	V8	2400
	115	8	0,9	АИ-92	H6	4500
12	270	20	1,4	DT	V6	2500
	95	8	0,9	АИ-92	R5	4100
13	400	18	1,3	DT	V8	1600
	70	10	1	RON-95	R4	4600
14	250	18	1,4	DT	V6	2700
	105	11	0,9	RON-95	R6	4300
15	110	20	1,3	DT	R5	3000

Вариант №	Мощность, $N_e, \text{кВт}$	Степень сжатия, $\varepsilon$	Коэфф. избытка воздуха, $\alpha$	Топливо	Число цилиндров $i$	Частота вращения, $n, \text{мин}^{-1}$
	110	9	1	АИ -93	Н6	4400
16	320	17	1,3	ДТ	V8	2000
	90	9	1	АИ -93	R5	4000
17	220	20	1,3	ДТ	V6	3000
	45	9	0,9	АИ-93	R3	4100
18	210	19	1,4	ДТ	V6	2900
	120	10	0,9	RON-95	R5	4600
19	200	18	1,3	ДТ	Н6	2800
	130	9	1	АИ -93	R6	4400
20	195	17	1,4	ДТ	V6	2700
	135	8	0,9	АИ -93	Н6	4300
21	190	16	1,3	ДТ	V6	2600
	40	10	1	АИ-93	R3	4000
22	185	20	1,4	ДТ	V6	2500
	145	10	0,9	RON-95	R6	4100
23	180	19	1,3	ДТ	V6	2400
	150	9	1	АИ -93	Н6	4000
24	380	17	1,4	ДТ	V8	1700
	155	8	0,9	АИ-92	V6	3900
25	170	17	1,3	ДТ	R6	2600
	160	7	1	АИ-92	V6	4000
26	165	16	1,4	ДТ	R6	2700
	185	12	0,9	АИ-98	R8	4300
27	160	20	1,3	ДТ	R6	2800
	170	9	1	АИ -93	V6	4600
28	155	19	1,4	ДТ	V6	2900
	175	8	0,9	АИ-92	R8	4500
29	150	18	1,3	ДТ	R6	3100
	180	7	1	АИ-92	V8	4400
30	95	17	1,4	ДТ	R5	2600
	165	10	0,9	АИ-95	Н6	4700
31	140	16	1,3	ДТ	R6	2400
	190	9	1	АИ -93	V8	4200
32	135	20	1,4	ДТ	R5	2500
	195	8	0,9	АИ -93	V8	4100
33	130	19	1,3	ДТ	R5	2600
	200	7	1	АИ-92	R8	4000
34	125	18	1,4	ДТ	R5	2700
	40	7	0,9	АИ-92	V4	3600
35	120	17	1,3	ДТ	R5	2800
	50	10	1	RON-95	R4	4000
36	115	16	1,4	ДТ	R5	2900
	60	7	0,9	АИ-92	Н4	4000
37	240	17	1,3	ДТ	V6	2800
	70	9	1	АИ -93	R4	4000
38	360	16	1,3	ДТ	V8	1800
	80	10	0,9	RON-95	Н4	4000

Вариант №	Мощность, $N_{e, кВт}$	Степень сжатия, $\epsilon$	Коэфф. избытка воздуха, $\alpha$	Топливо	Число цилиндров $i$	Частота вращения, $n$ , мин <sup>-1</sup>
39	100	18	1,3	DT	R5	2500
	90	7	1	АИ-92	R6	4000
40	50	18	1,3	DT	V4	2800
	100	10	0,9	RON-95	R6	4500
41	90	16	1,3	DT	R4	2700
	110	7	1	АИ-92	R5	4000
42	85	20	1,4	DT	R4	2800
	125	10	0,9	RON-95	R6	4500
43	80	19	1,3	DT	V4	2900
	130	7	1	АИ-92	V6	4400
44	75	18	1,4	DT	R4	3000
	140	10	0,9	RON-95	R6	4200
45	70	17	1,3	DT	V4	2400
	150	7	1	АИ-92	R6	4000
46	65	16	1,4	DT	H4	2500
	200	10	0,9	АИ-95	V8	4000
47	60	20	1,3	DT	V4	2600
	170	8	1	АИ -93	V6	3800
48	55	19	1,4	DT	R4	2700
	180	10	0,9	RON-95	R8	3700
49	145	17	1,4	DT	R6	3000
	190	8	1	АИ-93	V8	3900
00	45	17	1,4	DT	R3	2900
	160	12	0,9	АИ-98	H6	3800

#### **IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Силовые агрегаты» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### **V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	<b>Раздел I.</b> Общее устройство двигателей внутреннего сгорания. <b>Раздел II.</b> Рабочие процессы и показатели ДВС	<b>ПК-10</b>	Знает	Тест	Фонд тестовых заданий
			Умеет	УО-1– собеседование Курсовая работа.	Темы курсовых работ. Вопросы к экзамену с 1 по 16
			Владеет		
2	<b>Раздел III.</b> Механизмы ДВС. Анализ конструкций.	<b>ПК-10</b>	Знает	Тест	Фонд тестовых заданий
			Умеет	УО-1– собеседование Курсовая работа.	Темы курсовых работ. Вопросы к экзамену с 17 по 25
			Владеет		
3	<b>Раздел IV</b> Системы ДВС. <b>Раздел V.</b> Основы динамики двигателей	<b>ПК-12</b>	Знает	Тест	Фонд тестовых заданий
			Умеет	УО-1– собеседование Курсовая работа	Темы курсовых работ. Вопросы к экзамену с 26 по 46
			Владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## VI. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Автомобильные двигатели: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ [М.Г.Шатров, К.А.Морозов, И.В.Алексеев и др.]; под ред. М.Г.Шатрова – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 464 с  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:669154&theme=FEFU>

2. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: учеб./В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и

др.; под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высш. шк., 2006.-368 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:373270&theme=FEFU>

3. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и расчет: учеб./В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и др.; под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высш. шк., 2006.- 368 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:373269&theme=FEFU>

4. Чмиль В.П., Чмиль Ю.В. Автотранспортные средства. 1-е изд. Изд-во «Лань». 2011.-336 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=697](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=697)

5. Шатров М.Г. Автомобильные двигатели. Курсовое проектирование. Шатров М.Г., Алексеев И.В., Богданов С.Н. и др./ Под ред. М.Г. Шатрова. Учебное пособие 2-е изд., испр.. Издательский центр «Академия», - 2012.- 256 с.

<http://window.edu.ru/library/pdf2txt/278/75278/55952>

6. Мелисаров В.М., Беспалько П.П., Каменская М.А. Тепловой расчет и тепловой баланс карбюраторного двигателя и двигателя с впрыском топлива: Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. - 128 с. <http://window.edu.ru/resource/342/68342>

7. Суркин, В.И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 297 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=12943](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=12943) — Загл. с экрана.

#### **Дополнительная литература** (печатные и электронные издания)

1. Ховах, М.С. Автомобильные двигатели / под. ред. М.С. Ховаха. -М.: Машиностроение, 1977. - 591с.

2. Горчаков Ю.Н. Расчет силовых установок транспортных машин. Методические указания. ДВФУ, 2013 г.  
<http://www.dvfu.ru/web/nou/metodiceskie-rekomendacii>

3. Расчет элементов поршневой и шатунной группы автомобильных двигателей: метод, указания / сост. Ю.Н. Горчаков, М.А. Компанец - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. - 27с.

4. Григорьев В.Г. Испытание автомобильных двигателей [Электронный ресурс]:

учебное пособие/ Григорьев В.Г., Степанов В.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19002> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Тракторы и автомобили: Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В.М. Шарипов, М.К. Бирюков, Ю.В. Дементьев и др.; Под общ. ред. В.М. Шарипова. - М.: Издательский дом "Спектр", 2010. - 351 с. <http://window.edu.ru/resource/768/78768>

6. Зейнетдинов Р.А., Дьяков И.Ф., Ярыгин С.В. Проектирование автотракторных двигателей: Учебное пособие. - Ульяновск: УЛГТУ, 2004. - 168 с. <http://window.edu.ru/resource/046/26046>

7. Байкалов, В. А. Испытания и диагностика строительных и дорожных машин. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Байкалов, В. В. Минин. - Красноярск : ИПК СФУ, 2011. - 100 с. - ISBN 978-5-7638-2347-9 <http://znanium.com/bookread.php?book=442116>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY проект РФФИ [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
2. Федеральный портал по научной и инновационной деятельности [www.sci-innov.ru](http://www.sci-innov.ru)
3. Электронная библиотека НИЯУ МИФИ [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)
4. Полнотекстовая база данных ГОСТов, действующих на территории РФ <http://www.vniiki.ru/catalog/gost.aspx>
5. Научная библиотека ДВФУ <http://www.dvfu.ru/web/library/nb1>
6. Компания ОАО «КАМАЗ» <http://www.kamaz.ru/production/serial/>
7. Компания TOYOTA-ENGINE <http://toyota-engine.ru/>
8. Компания ОАО «МАЗ» «Минский автомобильный завод» <http://maz.by/>
9. ОАО «Завод имени И.А. Лихачева» <http://www.amo-zil.ru/>
10. Группа ГАЗ <http://www.gaz.ru/>; <http://azgaz.ru/>; <http://gazgroup.ru>

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word), программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно справочные системы:

1. ЭБС ДВФУ - <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>;
2. Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>;
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>;
4. Электронно-библиотечная система издательства "Лань" - <http://e.lanbook.com/>;
5. Электронная библиотека "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>;
6. Электронно-библиотечная система IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/>;
7. Информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам" - <http://window.edu.ru/>;
8. Доступ к Антиплагиату в интегрированной платформе электронного обучения Blackboard ДВФУ - <https://bb.dvfu.ru/>;
9. Доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ - <http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>;
10. Доступ к расписанию [https://www.dvfu.ru/schools/school\\_of\\_arts\\_culture\\_and\\_sports/student/the-schedule-of-educational-process/](https://www.dvfu.ru/schools/school_of_arts_culture_and_sports/student/the-schedule-of-educational-process/);
11. Рассылка писем <http://mail.dvfu.ru/>

## **VII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения систематической и регулярной работы по изучению дисциплины и успешного прохождения промежуточных и итоговых контрольных испытаний студенту рекомендуется придерживаться следующего порядка обучения:

1. Самостоятельно определить объем времени, необходимого для проработки каждой темы.
2. Регулярно изучать каждую тему дисциплины, используя различные формы индивидуальной работы.
3. Согласовывать с преподавателем виды работы по изучению дисциплины.
4. По завершении отдельных тем передавать выполненные работы преподавателю.

При успешном прохождении рубежных контрольных испытаний студент может претендовать на сокращение программы промежуточной (итоговой) аттестации по дисциплине.

### **Рекомендуемая последовательность действий студента («сценарий изучения дисциплины»)**

Сценарий изучения дисциплины «Двигатели внутреннего сгорания» строится на основе учета нескольких важных моментов:

- большой объем дополнительных источников информации;
- разброс научных концепций, точек зрения и мнений по всем вопросам содержания;
- большой объем нормативного материала, подлежащий рассмотрению;
- существенно ограниченное количество учебных часов, отведенное на изучение дисциплины.

В связи с названными проблемами обучение строится следующим образом. На лекциях преподаватель дает общую характеристику рассматриваемого вопроса, различные научные концепции или позиции, которые есть по данной теме. Во время лекции рекомендуется составлять конспект, фиксирующий основные положения лекции и ключевые определения по пройденной теме. Во время лекционного занятия необходимо фиксировать все спорные моменты и проблемы, на которых останавливается преподаватель. Потом именно эти аспекты станут предметом самого пристального внимания и изучения на практических занятиях.

При подготовке к практическому занятию обязательно требуется изучение дополнительной литературы по теме занятия. Без использования нескольких источников информации невозможно проведение дискуссии на занятиях, обоснование собственной позиции, построение аргументации. Если обсуждаемый аспект носит дискуссионный характер, следует изучить существующие точки зрения и выбрать тот подход, который вам кажется наиболее верным. При этом следует учитывать необходимость обязательной аргументации собственной позиции. Во время практических занятий рекомендуется активно участвовать в обсуждении рассматриваемой темы,

выступать с подготовленными заранее докладами и презентациями, принимать участие в выполнении контрольных работ.

#### Работа с литературой.

Овладение методическими приемами работы с литературой - одна из важнейших задач студента. Работа с литературой включает следующие этапы:

1. Предварительное знакомство с содержанием;
2. Углубленное изучение текста с преследованием следующих целей: усвоить основные положения; усвоить фактический материал; - логическое обоснование главной мысли и выводов;
3. Составление плана прочитанного текста. Это необходимо тогда, когда работа не конспектируется, но отдельные положения могут пригодиться на занятиях, при выполнении курсовых, дипломных работ, для участия в научных исследованиях.
4. Составление тезисов.

#### **Рекомендации по составлению плана реферата и курсовой работы**

##### ***Правила оформления реферата и курсовой работы***

Соблюдение правил оформления - обязательное условие хорошей оценки или успешной защиты. Общий объем реферата должен быть около 15 страниц, курсовой работы без учета приложений должен составлять не менее 20 и не более 35 страниц текста формата А4 - в зависимости от темы исследования. При наборе текста следует использовать текстовый редактор Microsoft Office Word (шрифт Times New Roman, размер шрифта - 14, интервал полуторный). Размеры полей: левое - 3 см, правое - 1,0 см, верхнее - 2,0 см, нижнее - 2,0 см.

- Количество страниц Приложений не учитываются в общем объеме работы.

- Каждая глава начинается с новой страницы. Это же правило относится ко всем структурным частям работы: введению, заключению, списку использованной литературы, приложениям.

- Все страницы работы нумеруют по порядку арабскими цифрами без каких-либо знаков, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работы (начинается нумерация с титульного листа и заканчивается списком использованной литературы или приложениями).

- Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки. Титульный лист считают первой страницей работы, но номер «1» на титульном листе не ставят.

- Заголовки разделов, глав и параграфов нумеруют арабскими цифрами

и печатают с абзацного отступа с первой прописной буквы. После номера главы, параграфа точку не ставят. Подчеркивать заголовки и делать переносы слов в заголовках не допускается.

Реферат или курсовая работа по дисциплине — самостоятельная учебно-методическая работа студента, выполняемая под руководством преподавателя. Основное отличие реферата и курсовой: реферат представляет собой обзор информации по заданной теме, изложение основных положений (идей, решений, предложений) из нескольких источников, тогда как курсовая предполагает их творческий анализ с применением исследовательских навыков.

Курсовая работа является самостоятельным исследованием по выбранной теме. Цель курсовой работы: развитие у студентов навыков самостоятельной творческой работы, овладение методами современных научных исследований, углублённое изучение какого-либо вопроса, темы, раздела учебной дисциплины (включая изучение литературы и источников). В ходе написания курсовой работы необходимо показать умение работать с литературой, критически оценивать существующие точки зрения, собирать и обрабатывать фактический материал, делать профессионально грамотные выводы, проявлять инициативу и творческий подход в решении поставленных задач.

Перед написанием работы очень полезно составить план. Для этого необходимо представлять структуру работы, поэтому, перед составлением плана необходимо ознакомиться с литературой по выбранной теме. Как правило, в плане в произвольной форме излагаются этапы написания работы и сроки их выполнения. План также должен включать в себя введение, содержание по главам и параграфам, заключение. Составленный план показывается преподавателю и уже с соответствием с ним согласуются дальнейшие действия.

### ***Структура и содержание работы.***

Реферат или курсовая работа имеют следующую структуру:

Титульный лист

Оглавление

Введение

Основная часть

Заключение

Список использованной литературы

Приложения (если необходимо)

**Титульный лист** содержит полную информацию об учреждении, где выполняется курсовая работа, об ее исполнителе и руководителе.

Указывается заглавие, место и год выполнения работы. В подзаголовочных данных указывается вид работы (курсовая, дипломная работа, реферат).

**Оглавление** раскрывает содержание работы, включает названия основных разделов и глав работы с указанием страниц. Последующий текст работы должен соответствовать оглавлению как по содержанию, так и по оформлению. Название и нумерация разделов, глав и параграфов в тексте работы и в оглавлении должны полностью совпадать.

Сокращать или давать их в другой формулировке и последовательности нельзя. При этом важно, чтобы названия глав и параграфов не совпадали с общим названием работы.

**Введение** призвано ввести читателя в круг затрагиваемых в работе проблем и вопросов. Во введении необходимо:

- обосновать выбор темы, раскрыть актуальность и значимость;

В курсовой работе необходимо также:

- показать уровень разработанности темы, ее отражение в литературе;

- указать основную цель и задачи курсовой работы;

- границы исследования - объект, предмет, хронологические и/или географические рамки;

- кратко раскрыть содержание основных разделов курсовой работы.

Объем введения, как правило, не превышает 2 страниц.

В одном - двух абзацах нужно осветить актуальность выбранной темы. Правильнее будет начать «Актуальность выбранной темы исследования обусловлена...» и далее в лаконичной форме объяснить, почему данный вопрос важен на современном этапе.

После изложения актуальности необходимо конкретизировать цель исследования и задачи, которые решаемые при написании курсовой работы. Как правило, задачи совпадают с пунктами глав.

**Цель** — то, чего автор намерен достичь в своей работе. **Задачи** носят более конкретный характер, они показывают, что необходимо предпринять в ходе исследования, чтобы достичь цели. Перечисление задач задает план и внутреннюю логику всей работы.

Далее следует обзор литературных источников по данному вопросу: кратко опишите, какие авторы и что именно писали по данной проблеме, их научные взгляды.

В курсовой работе после литературного обзора нужно уточнить методологию работы. Методами написания курсовой работы могут быть: литературный обзор, метод анализа и синтеза, исторический метод, метод сравнения, метод проведения интервью или опроса (если Вы использовали их в практической части), и другие.

И, наконец, описывается структура работы, из каких частей она состоит. **Основная часть** обычно разбивается на две или три главы. Каждая из них, в свою очередь, может быть разбита на два-три параграфа. Более детальное деление не рекомендуется. Требуется, чтобы все разделы и подразделы курсовой работы были примерно соразмерны друг другу, как по структурному делению, так и по объему.

В первой главе основной части излагаются и анализируются наиболее общие положения, касающиеся данной темы. Это может быть также описание истории изучаемого вопроса. Она основана на литературных источниках: монографиях, учебниках, статьях из периодической печати, сборниках, статистических данных.

В курсовой работе следует показать не только свое знакомство с литературными источниками по рассматриваемой теме, но и продемонстрировать умение их систематизировать и анализировать. Важно определить свою принадлежность к мнению того или иного автора, высказать свои критические замечания.

Вторая и третья главы, чаще всего, включают в себя систематическое изложение и анализ одной или двух более узких тем в рамках общей темы. Не исключается вариант, что все главы основной части представляют собой последовательное, систематическое и всестороннее изложение общей проблемы, но в различных аспектах, с различных позиций. Может быть представлен анализ спорных точек зрения, излагаться результаты обобщения собранного материала, анкетирования, изучения документов и т.д.

Разделы должны быть соединены друг с другом последовательным текстом, без явных смысловых разрывов. Для этого в конце каждого раздела основной части необходимо составить краткие выводы из предшествующего изложения и сделать плавный переход к следующей главе.

При раскрытии содержания курсовой работы следует учитывать принципиальные различия между рефератом и курсовой работой. Если при написании реферата автор может ограничиться констатацией фактов, изложенных в литературе по теме, то при написании курсовой автор анализирует их, сравнивает различные подходы и точки зрения, может высказать свою.

В теоретическом разделе дисциплины значительное место уделяется системному подходу, системному мышлению. Понятие и построение контуров обратной связи позволяет раскрыть и продемонстрировать причинно-следственную связь между различными на первый взгляд процессами.

Все доводы и положения должны быть научно обоснованы,

аргументированы и доказаны. Для подкрепления своих выводов используйте фактические данные, соблюдая при этом точность, корректность. Старайтесь использовать статистические данные из первоисточников (статистические ежегодники, например), грамотно на них ссылаясь.

**Заключение** представляет собой концентрированное изложение всех выводов, методических и аналитических заключений, сделанных в работе. Именно выводы выносятся на защиту.

В заключении указываются конкретные рекомендации и предложения по решению рассматриваемой проблемы, направления дальнейших исследований.

**Список использованной литературы** включает перечень всех литературных источников, использованных при написании курсовой работы.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 2 интервалам (3-4мм).

**Таблицы** применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Таблица позволяет сократить текст, намного упрощает и ускоряет анализ. Основные требования к форме и построению таблиц - доходчивость, выразительность и комплектность.

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Слово „Таблица— и её название помещают над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире. Таблицу необходимо располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые или на следующей странице. Если таблица не помещается на одной странице, то на следующем листе печатают: «Продолжение таблицы 5» или «Окончание таблицы 5».

Если в тексте формулируется положение, подтверждаемое таблицей, необходимо дать на нее ссылку, которая оформляется в круглых скобках. Ссылки на таблицы должны быть косвенные. *Например:* «Анализ данных о вредных выбросах в атмосферу г. Владивостока за 2015 г. показывает, что доля выбросов от автотранспорта из года в год растет» (таблица 5).

Если таблица заимствована из книги или статьи другого автора, на нее должна быть оформлена библиографическая ссылка.

Примечания к таблицам пишется в последней строке таблицы.

Оформление иллюстрированного материала

Основными видами иллюстрированного материала являются: рисунок, схема, диаграмма, график. Иллюстрации помещают в тексте непосредственно после первого упоминания или на следующей странице, или выделяют в отдельное приложение.

На все иллюстрации должны быть оформлены ссылки в тексте, т. е.

указывается порядковый номер, под которым она помещена в работе, например: (Рисунок 5).

На иллюстрации, заимствованные из работ других авторов, дается библиографическая ссылка.

Все иллюстрации условно называют рисунками и подписывают словом «Рисунок». Нумерация иллюстраций допускается как сквозная, так и по главам. Порядковый номер иллюстрации обозначается арабской цифрой без знака № и без точки. Если нумерация идет по главам, то перед порядковым номером иллюстрации ставят номер главы. В этом случае номер главы и номер рисунка разделяют точкой.

*Например:* В гл. 4 — Рисунок 4.1; 4.2; 4.3; и т.д. Если в работе один рисунок, то его не нумеруют, а просто обозначают словом «Рисунок».

Подпись или название иллюстрации помещают под иллюстрацией и всегда начинают с прописной буквы. В конце подписи точку не ставят, *например:* Рисунок 2.3. Динамика структуры населения РФ в 2009-2015 годах

При написании работ автор обязан давать ссылки на источник, откуда он заимствует материал или отдельные результаты.

### **Оформление ссылок на литературные источники**

Полная информация об оформлении литературных источников приведена в ГОСТ Р 7.05-2008. «Библиографическая ссылка. Система стандартов»

Список использованных источников помещается после основного текста курсовой работы и позволяет автору документально подтвердить достоверность и точность приводимых в тексте заимствований: цитат, идей, фактов, таблиц, иллюстраций, формул и других документов, на основе которых строится исследование.

Список использованной литературы показывает глубину и широту изучения темы, демонстрирует эрудицию студента.

Каждый документ, включенный в список, должен быть описан в соответствии с требованиями стандартов «Системы стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу» (СИБИД):

ГОСТ 7.1—2003 «СИБИД. Библиографическая запись  
Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»

ГОСТ 7.12—93 «СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила»

ГОСТ 7.82—2001 «СИБИД. Библиографическая запись.  
Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления»

ГОСТ 7.83—2001 «СИБИД. Электронные издания. Основные виды и

выходные сведения»

ГОСТ 7.11—2004 «СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках»

ГОСТ 7.05—2008 «СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»

Для удобства пользования работой литература в списке располагается не хаотично, а систематизируется в определенном порядке.

В зависимости от характера, вида и целевого назначения работ авторам предлагается на выбор 4 варианта расположения литературы в списках: систематическое, алфавитное, хронологическое

в порядке упоминания документов

Алфавитное расположение литературы в списке является одним из самых распространенных. При алфавитном способе расположения материала в списке библиографические записи дают в алфавите русского языка, причем соблюдают алфавит первого слова описания, т. е. фамилии автора или заглавия документа, если автор не указан.

## **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Используется учебно-научная лаборатория кафедры транспортных машин и транспортно-технологических процессов (ауд. L421, корпус L) с количеством мест 30 человек, общей площадью 80 м<sup>2</sup>, оснащенная 10 компьютерами HP Pro One 400Gi AiO 19,5” Intel Core i3 – 4130T 4GB DDR3-1600 SODIMM (1x4GB) 500GB Slim Super Multi мультимедийным комплексом (ноутбук Lenovo, проектор Benq, экран, акустическая система), TV- плазма, программное обеспечение SPSS Statistics, демонстрационными и лабораторными стендами. Измерительными приборами.

Перечень оборудования и макетов:

1. Мультимедийное оборудование;
2. Рядный трехцилиндровый двигатель TOYOTA 1KR-EF
3. Рядный четырехцилиндровый двигатель TOYOTA 4S-EF
4. Рядный пятицилиндровый двигатель HONDA;
5. Рядный шестицилиндровый двигатель TOYOTA
6. V- образный шестицилиндровый двигатель NISSAN;
7. Оппозитный четырех цилиндровый двигатель SUBARU
8. Рядный дизельный двигатель NISSAN;

## 9. Роторно-поршневой двигатель MAZDA A12

Приложение 1



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**«Силовые агрегаты»**

**Направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологические машин и  
комплексов**

**Профиль: «Автомобили и автомобильное хозяйство»**

**Форма подготовки заочная**

**Владивосток**

**2015**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1.09 - 15.10	Курсовая работа	18-20 час.	Письменный отчет по КР
2	16.10– 30.11	Курсовая работа	18-20 час	Письменный отчет по КР
3	1.12 – 28.12	Курсовая работа	18-20 час	Письменный отчет по КР

Студентам предлагается самостоятельно подготовить и выполнить курсовую работу, результаты которых необходимо доложить и защитить на семинарах. Студент должен самостоятельно проработать информацию, используя рекомендованную учебно-методическую литературу и информацию из Интернет-источников.

Задания для самостоятельной работы составлены таким образом, что их выполнение подразумевает индивидуальное решение вопросов и лежат в русле рабочей программы в рамках подготовки курсовой работы. При выполнении самостоятельной работы студент готовится к проведению семинаров, поэтому темы заданий соответствуют темам семинаров. Выполненные задания являются частью курсовой работы. Оценка выполнения заданий самостоятельной работы является текущей аттестацией, а также частью промежуточной аттестации курсовой работы.

### ***Задания для самостоятельной работы***

*Тема 1. Тепловой расчет бензинового двигателя (10 час.)*

Цель: Формирование навыков расчётов рабочих параметров бензиновых двигателей

*Задание.* Рассчитать параметры рабочего процесса бензинового двигателя, основных показателей рабочего цикла, построить индикаторную диаграмму рабочего процесса.

*Тема 2. Тепловой расчет дизельного двигателя (10 час.)*

Цель: Формирование навыков расчётов рабочих параметров дизельных двигателей

*Задание.* Рассчитать параметры рабочего процесса дизельного двигателя, основных показателей рабочего цикла, построить индикаторную диаграмму рабочего процесса.

*Тема 3. Кинематический и динамический расчет ДВС (10 час)*

Цель: Формирование навыков кинематических и динамических расчётов ДВС.

*Задание.* Рассчитать кинематические и динамические параметры ДВС. Определить суммарный и средний крутящий момент ДВС.

*Тема 4. Расчет поршневой группы ДВС (10 час).*

Цель: Формирование навыков прочностных расчетов элементов поршневой группы.

*Задание.* Рассчитать на прочность поршень, поршневой палец, компрессионные кольца.

*Тема 5. Расчет шатунной группы 10 час).*

Цель: Формирование навыков прочностных расчетов элементов шатунной группы ДВС

*Задание.* Рассчитать на прочность шатун, шатунную крышку и подшипники скольжения.

*Тема 6. Расчет коленчатого вала (10 час)*

Цель: Формирование навыков прочностных расчетов элементов коленчатого вала.

*Задание.* Рассчитать на прочность шейк, щёки и противовесы коленчатого вала.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Силовые агрегаты»**

**Направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологические машин и комплексов**

**Профиль: «Автомобили и автомобильное хозяйство»**

**Форма подготовки заочная**

**Владивосток**  
**2015**

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине Силовые агрегаты**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-10 способностью выбирать материалы для применения при эксплуатации и ремонте транспортных, транспортно- технологических машин и оборудования различного назначения с учетом влияния внешних факторов и требований безопасной, эффективной эксплуатации и стоимости (ПК-10);</p>	Знает	<p>Назначение, конструкции узлов и систем двигателей внутреннего сгорания, в том числе, включающих в себя современные электронные компоненты; основные положения теории ДВС; цели и принципы инженерных расчетов деталей, механизмов, агрегатов и систем ДВС; Основные методы теоретических и экспериментальных исследований двигателей.</p>
	Умеет	<p>Пользоваться современными измерительными и технологическими инструментами; идентифицировать и классифицировать механизмы и устройства, используемые в конструкциях двигателей при наличии их чертежа или доступного для разборки образца и оценивать их основные качественные характеристики; идентифицировать на основании маркировки эксплуатационные материалы и определять возможные области их применения</p>
	Владеет	<p>основными методами исследования и проектирования механизмов машин и приборов; инженерной терминологией в области наземных транспортно-технологических машин и комплексов</p>
<p>ПК-12 владением знаниями направлений полезного использования природных ресурсов, энергии и материалов при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно- технологических машин и оборудования различного назначения, их</p>	Знает	<p>Основные методы проведения испытаний и снятия регулировочных, скоростных и нагрузочных характеристик двигателей.</p>
	Умеет	<p>Пользоваться современными измерительными и технологическими инструментами; обрабатывать результаты испытаний методами математической статистики.</p>
	Владеет	<p>методами определения основных эксплуатационных свойств и характеристик, наземных транспортно-технологических машин;</p>

агрегатов, систем и элементов		
-------------------------------	--	--

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	<b>Раздел I.</b> Общее устройство двигателей внутреннего сгорания. <b>Раздел II.</b> Рабочие процессы и показатели ДВС	<b>ПК-1</b>	Знает	Тест	Фонд тестовых заданий
			Умеет	УО-1– собеседование Курсовая работа.	Темы курсовых работ. Вопросы к экзамену с 1 по 16
			Владеет		
2	<b>Раздел III.</b> Механизмы ДВС. Анализ конструкций.	<b>ПК-1</b>	Знает	Тест	Фонд тестовых заданий
			Умеет	УО-1– собеседование Курсовая работа.	Темы курсовых работ. Вопросы к экзамену с 17 по 25
			Владеет		
3	<b>Раздел IV</b> Системы ДВС. <b>Раздел V.</b> Основы динамики двигателей	<b>ПК-9</b>	Знает	Тест	Фонд тестовых заданий
			Умеет	УО-1– собеседование Курсовая работа	Темы курсовых работ. Вопросы к экзамену с 26 по 46
			Владеет		

### Комплект оценочных средств для текущей аттестации

№ п/п	Код ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	УО-1	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определённому разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам дисциплины
2	ПР-1	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий
3	ПР-5	Курсовая работа	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор	Темы курсовых работ

			раскрывает исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на неё.	
--	--	--	---	--

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели
ПК-10 способностью выбирать материалы для применения при эксплуатации и ремонте транспортных, транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения с учетом влияния внешних факторов и требований	знает (пороговый уровень)	Назначение, конструкции узлов и систем двигателей внутреннего сгорания, в том числе, включающих в себя современные электронные компоненты; основные положения теории ДВС; цели и принципы инженерных расчетов деталей, механизмов, агрегатов и систем ДВС; Основные методы теоретических и экспериментальных исследований двигателей.	знание основных понятий по методам научных исследований; знание источников информации по методам и подходам к проведению исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин, их технологического оборудования создания комплексов на их базе;
	умеет (продвинутый)	Пользоваться современными измерительными и	умение работать с методиками проведения теоретических и экспериментальных
			<p>- способность перечислить суть методов научного исследования, которые изучил и освоил бакалавр;</p> <p>- способность обосновать актуальность выполняемого задания или исследования;</p> <p>- способность перечислить источники информации по методам и подходам к проведению исследований;</p> <p>- способность объяснить роль и значение транспортно-технологических машин, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе.</p> <p>- способность найти труды учёных и обосновать объективность применения</p>

безопасной, эффективно эксплуатаци и и стоимости (ПК-10);		технологическими инструментами; идентифицировать и классифицировать механизмы и устройства, используемые в конструкциях двигателей при наличии их чертежа или доступного для разборки образца и оценивать их основные качественные характеристики; идентифицировать на основании маркировки эксплуатационные материалы и определять возможные области их применения	исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин; умение применять известные методы научных исследований; умение представлять результаты исследований учёных по изучаемой проблеме и собственных исследований;	изученных результатов научных исследований в качестве доказательства или опровержения исследовательских аргументов; - способность применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач -способность характеризовать основные физические компоненты транспортно-технологических машин;
	владеет (высокий)	основными методами исследования и проектирования механизмов машин и приборов; инженерной терминологией в	владение терминологией в предметной области знаний; способность сформулировать задание по научному исследованию, чёткое понимание требований, предъявляемых к содержанию и	- способность бегло и точно применять терминологический аппарат предметной области исследования в устных ответах на вопросы и в письменных работах, - способность сформулировать

		области наземных транспортно-технологических машин и комплексов	последовательности исследования; владение инструментами представления результатов научных исследований	задание по научному исследованию; -способность решать стандартные задачи транспортной отрасли.
ПК-12 владение м знаниями направлений полезного использования природных ресурсов, энергии и материалов при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения, их агрегатов,	знает (пороговый уровень)	Основные методы проведения испытаний и снятия регулировочных, скоростных и нагрузочных характеристик двигателей.	знание основных понятий и требований при разработке технологической документации; знание тенденций по совершенствованию программного обеспечения в профессиональной деятельности	- способность работать с методиками испытания наземных транспортно-технологических машин; - способность в разработке методов испытания наземных транспортно-технологических машин.
	умеет (продвинутый)	Пользоваться современными измерительными и технологическими инструментами; обрабатывать результаты испытаний методами математической статистики.	умение использовать теоретические знания при разработке технологической документации; умение работать со справочной литературой и с библиографическими базами данных, опираясь на глубокие теоретические знания; умение сформулировать и отстаивать мнение коллектива.	- способность работать со специализированными программами для составления методик проведения испытаний наземных транспортно-технологических машин и их технологического оборудования. - способность владеть инструментами и методами анализа результатов испытаний наземных транспортно-технологических машин.
	владеет (высокий)	методами определения основных эксплуатационных свойств и	владение специализированным программным обеспечением; владение инструментами и методами анализа,	- способность работать с методиками проведения испытаний наземных транспортно-технологических

систем и элементов (ПК-12);		характеристик, наземных транспортно-технологических машин;	использование их самостоятельно; умение объяснять содержание технологической документации и давать пояснения.	машин и их технологического оборудования
-----------------------------	--	--	---	--

## Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

### Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Двигатели внутреннего сгорания» транспорта» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Текущая аттестация по дисциплине «Двигатели внутреннего сгорания» транспорта» проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем согласно сформированному и утвержденному рейтинг-плану.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

### Шкала соответствия рейтинга по дисциплине и оценок

Менее 61%	не удовлетворительно
От 61% до 75%	Удовлетворительно
От 76% до 85%	Хорошо
От 86% до 100%	Отлично

№ п/п	Наименование контрольного мероприятия	Форма контроля	Весовой коэффициент (%)	Максимальный балл	Минимальное требование для допуска к семестровой аттестации
1	Посещение занятий	Посещения	6	6	3
	Выполнение практических занятий	РГЗ	16	16	12
	Теоретический материал	Конспект	6	6	3
	Самостоятельная работа	Опрос	6	6	3
2	Посещение занятий	Посещения	6	6	3

	Выполнение практических занятий	РГЗ	15	15	11
	Теоретический материал	Конспект	6	6	3
	Самостоятельная работа	Опрос	6	6	3
3	Посещение занятий	Посещения	6	6	3
	Выполнение практических занятий	РГЗ	15	15	11
	Теоретический материал	Конспект	6	6	3
	Самостоятельная работа	Опрос	6	6	3
4	Экзамен	Экзамен	0	-	-

### **Критерии оценки доклада, реферата, курсовой работы в том числе выполненных в форме презентаций**

100-85- баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько

ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 - баллов - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Общий курс транспорта» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В зависимости от вида промежуточного контроля по дисциплине и формы его организации могут быть использованы различные критерии оценки знаний, умений и навыков.

При оценке уровня знаний студентов по рейтинговой системе формы контроля (для очной формы обучения) приводятся в рейтинг-плане. При этом предполагается деление курса на 3 периода, каждый из которых оценивается контрольным мероприятием.

### **Перечень типовых вопросов для проведения промежуточной аттестации (экзамен)**

#### **Раздел 1. Общее устройство двигателей внутреннего сгорания**

1. Классификация двигателей внутреннего сгорания.
2. Механизмы ДВС.
3. Системы ДВС.
4. Основные параметры двигателей.
5. Скоростная характеристика ДВС.
6. Газотурбинный двигатель. Конструкция. Основные достоинства и недостатки.
7. Роторно-поршневые двигатели. Конструкция. Основные достоинства и недостатки.
8. Тенденции и перспективы развития ДВС
9. Гибридные силовые установки автомобилей. Режимы работы силовой установки.

## **Раздел II. Рабочие процессы и показатели ДВС**

10. Смесеобразование в ДВС. Топливо для дизелей и бензиновых двигателей.
11. Смесеобразование в дизеле.
12. Рабочие процессы двухтактных бензиновых и дизельных двигателей
13. Рабочие процессы четырехтактных двигателей
14. Рабочий процесс бензинового двигателя с непосредственным впрыском топлива в цилиндры.
15. Индикаторные диаграммы двухтактных бензиновых и дизельных двигателей.
16. Индикаторные диаграммы четырехтактных бензиновых и дизельных двигателей.

## **Раздел III. Механизмы ДВС. Анализ конструкций**

17. Многоцилиндровые двигатели. Порядок работы ДВС.
18. Кинематический анализ КШМ. Силы, действующие в КШМ.
19. Остов двигателя. Типы и состав остова. Гильзы цилиндров. Поршни, поршневые кольца и пальцы.
20. Коленчатый вал, шатуны и подшипники.
21. Конструкции камер сгорания бензиновых двигателей. Бензины
22. Механизм газораспределения. Назначение, типы и общее устройство механизма газораспределения.
23. Газораспределение двухтактных двигателей. Гидравлические компенсаторы.
24. Диаграмма фаз газораспределения четырехтактного двигателя.
25. Регулируемые фазы газораспределения. Способы регулирования фаз.

## **Раздел IV. Системы ДВС**

26. Система питания карбюраторного двигателя. Карбюратор и его системы.
27. Система питания дизелей. Общая схема питания. Распыливание топлива и параметры распыливания.
28. Система питания газовых двигателей. Особенности работы газовых двигателей. Газобаллонные установки.
29. Системы с инжекторным впрыскиванием бензина
30. Система смазки двигателей. Классификация масел.
31. Основные нарушения нормального сгорания в двигателях с искровым зажиганием.
32. Токсичность и дымность отработавших газов.
33. Режимы работы двигателей. Виды топливовоздушных смесей.
34. Карбюратор. Топливодозирующие системы карбюратора. Многокамерные карбюраторы.

35. Системы зажигания. Катушки зажигания. Свечи зажигания. Температурный режим свечи.
36. Системы впрыска с распределительным ТНВД и электронным управлением.
37. Наддув. Системы наддува.
38. Электронное регулирование впрыском. Система впрыска с распределительным насосом и электронным регулированием.
39. Аккумуляторная система (Common Rail) с непосредственным впрыском.
40. Основные элементы системы смазки и их назначение.

#### **Раздел V Основы динамики двигателей**

41. Кинематический анализ КШМ.
42. Силы и моменты, действующие в КШМ
43. Методика определения суммарного крутящего момента в ДВС
44. Причины неуравновешенности двигателей
45. Принципы уравнивания двигателей.
46. Уравнивание коленчатого вала ДВС

## Форма экзаменационного билета



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

### ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ООП 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Дисциплина Силовые агрегаты

Форма обучения очная

Семестр обучения осенний

Реализующая кафедра Транспортных машин и транспортно-технологических процессов

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ \_\_\_\_№20\_\_\_\_

1. Классификация двигателей внутреннего сгорания.
2. Смесеобразование в дизеле.
3. Многоцилиндровые двигатели. Порядок работы ДВС.
4. Токсичность и дымность отработавших газов.
5. Кинематический анализ КШМ.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ к.т.н. доцент С.М. Угай

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Силовые агрегаты»:

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
100-86	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно

		справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач по ДВС.
85-76	<i>«зачтено»/ «хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по ДВС, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
71-61	<i>«зачтено»/ «удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала по ДВС, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60-50	<i>«не зачтено»/ «не удовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по ДВС, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по дисциплине**  
**«Силовые агрегаты»**

**Направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин  
комплексов**

**Профиль: «Автомобили и автомобильное хозяйство»**

**Форма подготовки заочная**

**Владивосток**  
**2015**

Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов ООП 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

профиль: "Автомобили и автомобильное хозяйство "

По предмету «Силовые агрегаты»

## 1. КУРСОВАЯ РАБОТА

### 1.1 Исходные данные

Рассчитать рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания, предназначенного для установки на транспортное средство. По данным расчета построить индикаторную диаграмму, определить основные размеры двигателя, предполагаемую экономичность и силы, действующие в КШМ.

Необходимые исходные данные для выполнения курсовой работы приведены в таблице Приложения 2.

Выполняемый вариант соответствует двум последним цифрам номера зачетной книжки, если значение числа 50 или больше, то нужно отнять 50 и результат будет соответствовать варианту.

### 1.2. Методические указания к выполнению курсовой работы

**Тепловой расчет.** Рассмотрим классическую модель расчета рабочего процесса, предложенную профессорами В.И. Гриневским и Е.К. Мазингом. Они базируются на зависимостях, описанных в гл. 2 и 3 /1/. Основные этапы расчета по данной модели представлены ниже. Расчет проводят, исходя из заданного типа двигателя (с искровым зажиганием или дизеля) мощности ДВС  $N_e$ , частоты вращения коленчатого вала  $n$ , числа цилиндров  $i$ , степени сжатия  $\mathcal{E}$  и коэффициента избытка воздуха. Топливо - бензин ( $g_c = 0,855$ ,  $g_H = 0,145$ ), низшая теплота сгорания  $H_u = 44000$  кДж/кг. Дизельное топливо ( $g_c = 0,87$ ,  $g_H = 0,126$ ,  $g_O = 0,004$ ), низшая теплота сгорания  $H_u = 42000$  кДж/кг. При расчетах принять нормальные атмосферные условия:  $P_0 = 0,1$  МПа;  $T_0 = 290$  К

### Расчет двигателя с искровым зажиганием

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left( \frac{8g_c}{3} + 8g_H \right), \text{ кг}$$

И

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left( \frac{g_c}{12} + \frac{g_H}{4} \right), \text{ кмоль}$$

2. Суммарное количество свежей смеси, кмоль

$$M_1 = \alpha L_0 + \frac{1}{\mu_T}$$

Где  $\mu_T$  - молекулярная масса топлива,  $\mu_T = 114$  кг/кмоль

3. Количество отдельных составляющих продуктов сгорания, принимая

$$k = 0,5$$

$$M_{CO} = 0,416 \frac{1-\alpha}{1+k} k L_0$$

$$M_{H_2O} = \frac{g_H}{2} - 2k \frac{1-\alpha}{1+k} 0,208 L_0$$

$$M_{H_2} = k M_{CO}, k = \frac{M_{H_2}}{M_{CO}}$$

$$M_{CO_2} = \frac{g_c}{12} - M_{CO}$$

$$M_{N_2} = 0,792 \alpha L_0$$

$$M_{O_2} = 0$$

Суммарное количество продуктов сгорания  $M_2 = \sum M_i$

Теоретический коэффициент молекулярного изменения

$$\mu_0 = M_2 / M_1$$

4. Параметры впуска

Принимаем приращение температуры в процессе подогрева заряда

$$\Delta T = 0 \dots 20^0 \text{ C}, \text{ K}$$

Задаемся параметрами окружающей среды, температурой воздуха  $T_0$ , К и атмосферным давлением  $P_0$ , МПа. Если отсутствует наддув, то  $P_k = P_0$ ,  $T_k = T_0$ .

Плотность заряда на впуске

$$\rho_o = \frac{P_k \mu_g}{RT_k} 10^6, \text{ кг/м}^3,$$

где  $R$ - универсальная газовая постоянная,  $R = 8314$ ;  $\mu_g$  - молекулярная масса воздуха,  $\mu_g = 28,96$  кг/кмоль.

Давление в конце впуска

$$P_a = P_k - \Delta P_a, \quad \Delta P_a = \left( \beta^2 + \xi \right) \frac{w_{кл}^2}{2} \rho_o 10^{-6}, \text{ МПа},$$

где  $w_{кл}$  - скорость заряда в проходном сечении клапана,  $w_{кл} = 50 \dots 130$  м/с;  $\beta$  - коэффициент затухания скорости движения заряда в рассматриваемом сечении цилиндра (клапана);  $\xi$  - коэффициент сопротивления впускной системы.

По опытным данным при полном открытии клапана  $(\beta^2 + \xi) = (2,5 \dots 4)$ .

Задаемся параметрами остаточных газов

$$T_r = 900 \dots 1100 \text{ К}$$

$$P_r = (1,1 \dots 1,25) P_0$$

Коэффициент остаточных газов

$$\gamma = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \frac{P_r}{\varepsilon P_a - P_r} 100\%$$

Температура конца пуска, при  $\varphi_I = 1$

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + 0,01\varphi_I\gamma T_r}{1 + 0,01\varphi_I\gamma},$$

Коэффициент наполнения цилиндра

$$\eta_v = \frac{P_a}{P_k} \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \varphi_1 \frac{T_k}{T_a} \frac{1}{1 + 0,01\varphi_I\gamma}.$$

5. Параметры процесса сжатия. Задаемся показателями политропы сжатия  $n_1$

$$n_1 = 1,35 \dots 1,38$$

Давление в конце сжатия

$$P_C = P_a \varepsilon^{n_1},$$

Температура в конце сжатия, К

$$T_C = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$$

6. Процесс сгорания. Действительный коэффициент молекулярного изменения

$$\mu_\partial = \frac{\mu_0 + 0,01\gamma}{1 + 0,01\gamma},$$

Энергия сгоревшей смеси, кДж/(кг кмоль)

$$H_{cm} = \frac{H_u - \Delta H}{M_1(1 + 0,01\gamma)},$$

$$\Delta H = 114 \cdot 10^3 (1 - \alpha) L_0$$

Температура газов в конце сгорания смеси

$$t_z = \frac{-D + \sqrt{D^2 + 4CE}}{2C}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad T_z = t_z + 273, \text{ K}$$

$$D = \mu_o \sum_{i=1}^n r_i a_i,$$

$$E = \xi_z H_{cm} + \mu c_v^i t_c$$

$$C = \mu_o \sum_{i=1}^n r_i b_i, \quad r_i = \frac{M_i}{M_2}$$

Таблица 6.1. Параметры выпускных газов

I	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
a <sub>i</sub>	22,490	19,678	26,67	39,123	21,951	23,723
b <sub>i</sub>	0,00143	0,001758	0,004438	0,003349	0,001457	0,00155

Где  $\xi_z$  - коэффициент использования теплоты,  $\xi_z = 0,7 \dots 0,85$ ;  $\mu c_v^i$  - теплоемкость свежей смеси при температуре сжатия  $t_c$ ,  $\lambda$  - степень повышения давления,

Таблица 6.2. Теплоемкость смеси в зависимости от температуры

t <sub>c</sub> , °C	300	400	500	600
$\mu c_v^i$ кДж/кмоль	20,97	21,19	21,45	21,73

Давление в конце сгорания смеси

$$P_z = P_c \mu_o T_z / T_c$$

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$$

7. Процесс расширения. Зададимся показателем политропы расширения  $n_2$ ,

$$n_2 = 1,23 \dots 1,30$$

Степень предварительного расширения газов

$$\rho = 1$$

Степень последующего расширения газов

$$\delta = \varepsilon$$

Температура газов в конце расширения

$$T_b = T_z / \varepsilon^{n_2-1}$$

Давления газов в конце расширения

$$P_b = P_z / \varepsilon^{n_2}$$

8. Действительное среднее индикаторное давление цикла с учетом скругления индикаторной диаграммы,  $\varphi_1 = 0,97$

Для бензинового двигателя

$$P_i = \frac{\varphi_1 P_c}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], \text{ МПа}$$

9. **Основные показатели цикла.** Доля индикаторного давления, затраченного на трение и привод вспомогательных механизмов с учетом опытных коэффициентов, определяется из табл. 17 /2/:

$$P_m = 0,04 + 0,0135c_n,$$

где  $C_n$  - средняя скорость поршня, м/с. ( $C_n = 12$  м/с- для бензиновых).

Среднее эффективное давления цикла

$$P_e = P_i - P_m,$$

Механический коэффициент полезного действия

$$\eta_m = P_e / P_i$$

Индикаторный коэффициент полезного действия

$$\eta_i = \frac{P_i l_0 \alpha}{H_u \eta_v \rho_o},$$

где  $H_u$  - низшая теплота сгорания, МДж/кг.

Удельный индикаторный расход топлива, г/(кВт ч)

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i}$$

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}$$

Эффективный КПД цикла

$$\eta_e = \eta_i \eta_m,$$

10. Основные размеры двигателя

Для номинального режима работы двигателя определяется

$$V_h^* = \frac{30\tau N_e}{i P_e n}, \quad D^* = 100^3 \sqrt{\frac{4V_h}{\pi K}}, \text{ (мм)}, \quad K = S/D^*$$

$V_h$  - рабочий объем цилиндра, л;  $N_e$  - мощность двигателя, кВт;  $P_e$  - среднее эффективное давление, МПа;  $S$  - ход поршня,  $D$  - диаметр цилиндра,  $\tau$  - тактность двигателя  $i$  - число цилиндров,  $n$  - частота вращения двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ .  $K = (0,9 \dots 1,1)$ .

Уточняют  $D$  и  $S$  и пересчитывают параметры:

$$iV_h = \frac{\pi D^2 S i}{4 \cdot 10^6}, \quad N_e = \frac{P_e n i V_h}{30\tau}, \quad N_l = \frac{N_e}{iV_h}, \quad c_n^* = S n / 30$$

$S$  - ход поршня, м

Если  $|c_n^* - c_n| \geq 0,5 \text{ м/с}$ , то  $C_n$  корректируют и повторяют расчет  
Эффективный крутящий момент, н \* м и часовой расход топлива, кг/ч

$$M_k = 1000 \frac{P_e i V_h}{\pi \tau}, \quad G_m = g_e N_e \cdot 10^{-3}.$$

### Расчет дизельного двигателя

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left( \frac{8g_c}{3} + 8g_n - g_0 \right), \text{ кг}$$

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left( \frac{g_c}{12} + \frac{g_H}{4} - \frac{g_0}{32} \right) \quad , \text{ кмоль}$$

2. Суммарное количество свежей смеси, кмоль

$$M_1 = \alpha L_0$$

3. Количество отдельных составляющих продуктов сгорания, принимая  $k = 0,5$

$$M_{CO} = 0$$

$$M_{CO_2} = \frac{g_c}{12}$$

$$M_{N_2} = 0,792\alpha L_0$$

$$M_{O_2} = 0,208(\alpha - 1)L_0$$

Суммарное количество продуктов сгорания  $M_2 = \sum M_i$

Теоретический коэффициент молекулярного изменения

$$\mu_0 = M_2 / M_1$$

4. Параметры впуска

Принимаем приращение температуры в процессе подогрева заряда

$$\Delta T = 20 \dots 40^\circ \text{ C}$$

Задаемся параметрами окружающей среды, температурой воздуха  $T_0$ , К и атмосферным давлением  $P_0$ , МПа. Если отсутствует наддув, то  $P_k = P_0$ ,  $T_k = T_0$ .

Плотность заряда на впуске

$$\rho_o = \frac{P_k \mu_g}{RT_k} 10^6, \quad \text{ кг/м}^3,$$

где  $R$ - универсальная газовая постоянная,  $R = 8314$ ;  $\mu_g$  - молекулярная масса воздуха,  $\mu_g = 28,96$  кг/кмоль.

Давление в конце впуска

$$P_a = P_k - \Delta P_a, \quad \Delta P_a = (\beta^2 + \xi) \frac{W_{кл}^2}{2} \rho_o 10^{-6}, \quad \text{ МПа,}$$

где  $W_{кл}$ - скорость заряда в проходном сечении клапана,  $W_{кл} = 50 \dots 100$  м/с;

$\beta$  - коэффициент затухания скорости движения заряда в рассматриваемом сечении цилиндра (клапана);  $\xi$  - коэффициент сопротивления впускной системы.

По опытным данным при полном открытии клапана  $(\beta^2 + \xi) = (2,5 \dots 4)$ .

Задаемся параметрами остаточных газов

$$P_r = (1,1 \dots 1,25) P_0$$

$$T_r = 700 \dots 900 \text{ К}$$

Коэффициент остаточных газов

$$\gamma = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \frac{P_r}{\varepsilon P_a - P_r} 100\%$$

Температура конца пуска, при  $\varphi_I = 1$

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + 0,01\varphi_I\gamma T_r}{1 + 0,01\varphi_I\gamma},$$

Коэффициент наполнения цилиндра

$$\eta_v = \frac{P_a}{P_k} \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \varphi_I \frac{T_k}{T_a} \frac{1}{1 + 0,01\varphi_I\gamma}.$$

5. Параметры процесса сжатия. Задаемся показателями политропы сжатия  $n_1$

$$n_1 = 1,35 \dots 1,38$$

Давление в конце сжатия

$$P_C = P_a \varepsilon^{n_1},$$

Температура в конце сжатия, К

$$T_C = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$$

6. Процесс сгорания. Действительный коэффициент молекулярного изменения

$$\mu_\partial = \frac{\mu_0 + 0,01\gamma}{1 + 0,01\gamma},$$

Энергия сгоревшей смеси, кДж/(кг кмоль)

$$H_{см} = \frac{H_u - \Delta H}{M_1(1 + 0,01\gamma)},$$

$$\Delta H = 0$$

Температура газов в конце сгорания смеси

$$t_z = \frac{-D + \sqrt{D^2 + 4CE}}{2C}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad , \quad T_z = t_z + 273, \text{ } \text{K}$$

$$D = \mu_\theta \sum_{i=1}^n r_i a_i + 8,315$$

$$E = \xi_z H_{cm} + (\mu c_v^i + 8,315\lambda)t_c + (\lambda - \mu_\theta)8,315 \cdot 273$$

$$C = \mu_\theta \sum_{i=1}^n r_i b_i \quad ,$$

$$r_i = \frac{M_i}{M_2}$$

Таблица 6.1. Параметры выпускных газов

I	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
a <sub>i</sub>	22,490	19,678	26,67	39,123	21,951	23,723
b <sub>i</sub>	0,00143	0,001758	0,004438	0,003349	0,001457	0,00155

Где  $\xi_z$  - коэффициент использования теплоты,  $\xi_z = 0,7 \dots 0,85$ ;  $\mu c_v^i$  - теплоемкость свежей смеси при температуре сжатия  $t_c$ ,  $\lambda$  - степень повышения давления, ( $\lambda = 1,8$  для дизеля)

Таблица 6.2. Теплоемкость смеси в зависимости от температуры

$t_c, \text{ } ^\circ\text{C}$	500	600	700	800
$\mu c_v^i$ кДж/кмоль	21,45	21,73	22,00	22,23

Давление в конце сгорания смеси

$$P_z = \lambda P_c$$

7. Процесс расширения. Зададимся показателем политропы расширения  $n_2$ ,

$$n_2 = 1,18 \dots 1,28$$

Степень предварительного расширения газов

$$\rho = \mu_\theta T_z / (\lambda T_c)$$

Степень последующего расширения газов

$$\delta = \varepsilon / \rho$$

Температура газов в конце расширения

$$T_b = T_z / \delta^{n_2 - 1}$$

Давления газов в конце расширения

$$P_b = P_z / \delta^{n_2}$$

8. Действительное среднее индикаторное давление цикла с учетом скругления индикаторной диаграммы,  $\Phi_1 = 0,97$

$$P_i = \frac{\Phi_1 P_c}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) + \lambda(\rho - 1) \right], \text{ МПа}$$

9. **Основные показатели цикла.** Доля индикаторного давления, затраченного на трение и привод вспомогательных механизмов с учетом опытных коэффициентов, определяется из табл. 17 /2/:

$$P_m = 0,105 + 0,012c_n,$$

где  $C_n$  - средняя скорость поршня, м/с. ( $C_n = 9$  м/с- для дизелей,).

Среднее эффективное давления цикла

$$P_e = P_i - P_m,$$

Механический коэффициент полезного действия

$$\eta_m = P_e / P_i$$

Индикаторный коэффициент полезного действия

$$\eta_i = \frac{P_i l_0 \alpha}{H_u \eta_v \rho_o},$$

где  $H_u$  - низшая теплота сгорания, МДж/кг.

Удельный индикаторный расход топлива, г/(кВт ч)

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i}$$

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}$$

Эффективный КПД цикла

$$\eta_e = \eta_i \eta_m,$$

10. Основные размеры двигателя

Для номинального режима работы двигателя определяется

$$V_h^* = \frac{30\tau N_e}{i P_e n}, \quad D^* = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi K}}, \quad (\text{мм}), \quad K = S/D^*$$

$V_h$  - рабочий объем цилиндра, л;  $N_e$  - мощность двигателя, кВт;  $P_e$  - среднее эффективное давление, МПа;  $S$  - ход поршня,  $D$  - диаметр цилиндра,  $\tau$  - тактность двигателя  $i$  - число цилиндров,  $n$  - частота вращения двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ .  $K = (0,9 \dots 1,1)$ .

Уточняют  $D$  и  $S$  и пересчитывают параметры:

$$iV_h = \frac{\pi D^2 S i}{4 \cdot 10^6}, \quad N_e = \frac{P_e n i V_h}{30\tau}, \quad N_n = \frac{N_e}{iV_h}, \quad c_n^* = S n / 30$$

$S$  - ход поршня, м

Если  $|c_n^* - c_n| \geq 0,5 \text{ м/с}$ , то  $C_n$  корректируют и повторяют расчет

Эффективный крутящий момент, Н \* М и часовой расход топлива, кг/ч

$$M_k = 1000 \frac{P_e i V_h}{\pi \tau}, \quad G_m = g_e N_e \cdot 10^{-3}.$$

### Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме

При работе двигателя в КШМ действуют следующие основные силовые факторы: силы давления газов, силы инерции движущихся масс механизма,

силы трения и момент полезного сопротивления. При динамическом анализе КШМ силами трения обычно пренебрегают.

### Силы давления газов

Сила давления газов (кН) возникает в результате осуществления в цилиндрах рабочего цикла. Эта сила действует на поршень, и ее значение определяется как произведение перепада давления на поршне и его площади:

$$P_2 = (p_2 - p_0) F_n 10^3$$

где  $p_2$  - давление (МПа) в цилиндре двигателя над поршнем,  $p_0$  - давление в картере,  $F_n$  - площадь поршня, м<sup>2</sup>.

Для оценки динамической нагруженности элементов КШМ важное значение имеет зависимость силы  $P_2$  от времени. Ее обычно получают перестроением индикаторной диаграммы из координат  $p - V$  в координаты  $P - \varphi$  расчетным или графическим методом (рис.6.1).

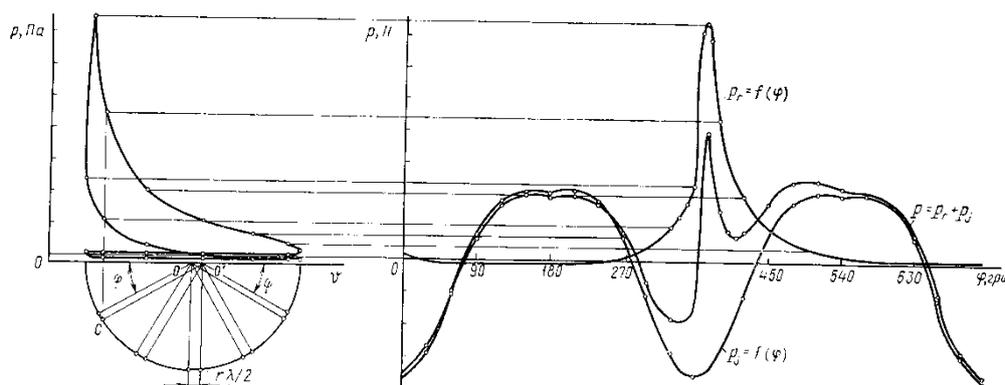


Рис. 6.1. Схема переноса индикаторной диаграммы из  $p-v$  в  $P - \varphi$  - координаты и построение суммарной силы

### Силы инерции движущихся масс КШМ

В ДВС для анализа динамики его КШМ обычно используют двухмассовую модель. Первая замещающая масса  $m_j$  сосредоточена в точке сопряжения поршня с шатуном и совершает возвратно-поступательное движение с кинематическими параметрами поршня, вторая  $m_r$  располагается в точке сопряжения шатуна с кривошипом и вращается равномерно с угловой частотой  $\omega$ .

Масса, сосредоточенная на оси пальца и совершающая возвратно-поступательное движение вдоль оси цилиндра, определяется по формуле

$$m_j = m_n + m_{шн}$$

где  $m_n$  - масса поршневой группы,  $m_{шн}$  - масса шатуна, отнесенная к поршневой группе.

Для большинства существующих конструкций автомобильных двигателей  $m_{шн} = (0,2 \dots 0,3) m_{ш}$ ,

где  $m_{ш}$  - масса шатуна.

Статистические данные по рассмотренным параметрам КШМ современных автотракторных двигателей представлены в табл. 6.3 в виде конструктивных масс  $m'$ .

$$m = m' F_n,$$

где  $m$  - масса соответствующего элемента КШМ.

Таблица 6.3. Конструктивные массы КШМ

Тип Двигателя	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Конструктивная масса $m'$ Кг/м <sup>2</sup>		Отношение $r/l_{ш}$	
		Поршневой группы	Шатуна	Линейные	V-образные
Двигатели с искровым зажиганием	$n < 4500$	(1,2...1,3)D*	(1,5...1,6)D	0,26...0,28	0,28...0,3
	$n > 4500$	(1,3...1,4)D	(1,9...2,2)D	0,26...0,28	0,28...0,3
Дизели автомобильные	$n < 3000$	(2,0...2,2)D	(2,3...2,5)D	0,26...0,30	0,3...0,34
	$n > 3000$	(1,7...1,9)D	(1,8...2,1)D	0,22...0,23	0,22...0,23
Дизели тракторн.		(2,2...2,4)D	(2,5...2,8)D	0,26...0,30	0,3...0,34

\* D - диаметр цилиндра, мм.

Сила инерции, действующая на поршень, кН

$$P_j = -m_j r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) 10^{-3}, \text{ где } \lambda = 0,24 \dots 0,31 -$$

отношение радиуса кривошипа  $r$  к длине шатуна  $l_{ш}$ ,  $\varphi = 0 \dots 720^\circ$  угол поворота кривошипа за 4 такта  $\omega$  - частота вращения двигателя, с<sup>-1</sup>.

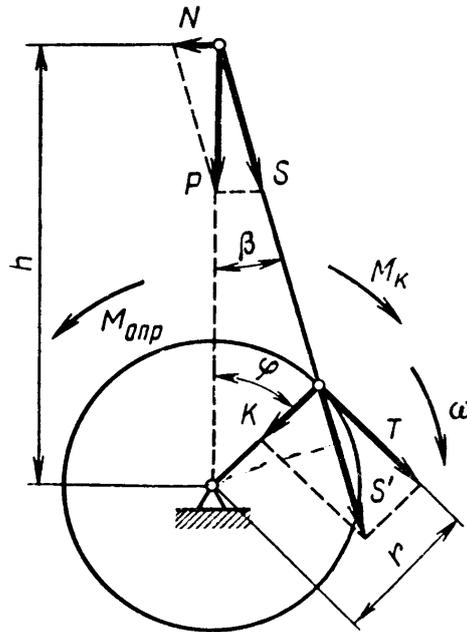


Рис. 6.2. Схема сил, действующих в КШМ

### Суммарные силы и моменты, действующие в КШМ

При динамическом анализе КШМ силы  $P_2$  и  $P_j$ , имеющие общую точку приложения к системе и единую линию действия, заменяют суммарной силой, являющейся их алгебраической суммой  $P = P_2 + P_j$  (рис.6.2)

Для анализа действия силы  $P$  на элементы КШМ ее раскладывают на две составляющие:  $S$  и  $N$ . Сила  $S$  действует вдоль оси шатуна и вызывает повторно-переменное сжатие - растяжение его элементов, а сила  $N$  перпендикулярна оси цилиндра и прижимает поршень к его зеркалу. Действие силы  $S$  на сопряжение шатун- кривошип можно оценить, перенеся ее вдоль оси шатуна в точку их шарнирного сочленения. Сила  $S$  раскладывается на нормальную силу  $K$ , направленную по оси кривошипа, и тангенциальную силу  $T$ . Пара сил  $T$  и  $T'$  на плече  $r$  создает крутящий момент  $M_{кр}$ , который далее передается на маховик. Силы  $N$  и  $N'$  на плече  $h$  создают опрокидывающий момент  $M_{опр}$ .

Основные соотношения для рассмотренных сил и моментов:

$$N = P \operatorname{tg} \beta, \quad S = P (1 / \cos \beta), \quad K = P \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$$

$$T = P \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \quad M_{\text{онр}} = -Nh, \quad M_{\text{кр}} = P r \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}.$$

$$\beta = \arccos(1 - 0,5\lambda^2 \sin^2 \varphi)$$

где  $\beta$  - угол отклонения оси шатуна от оси цилиндров.

По результатам расчета построить графические зависимости сил КШМ от угла поворота коленчатого вала, а также суммарного крутящего момента  $M_{\text{к}}$  многоцилиндрового двигателя. Определить коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя.

$$M_{\text{к}} = \sum_1^i T_i r,$$

где  $T_i r$  - крутящий момент  $i$ -цилиндра.

Процедура определения крутящего момента двигателя сведется к графическому суммированию  $i$  - кривых моментов  $Tr$ , смещенных относительно друг друга на величину  $720^\circ/i$ . При практическом определении суммарного крутящего момента кривую момента  $Tr$  делят на  $i$  равных угловых промежутков и суммируют полученные отрезки кривых, совмещенные на одном участке продолжительностью  $\theta = \varphi_2 - \varphi_1 = 720^\circ/i$  (рис. 6.3).

Среднее значение крутящего момента

$$M_{\text{ср}} = (1/\theta) \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_{\text{к}} d\varphi.$$

Среднее значение суммарного крутящего момента многоцилиндрового двигателя можно определить умножением среднего крутящего момента, развиваемого одним цилиндром, на число цилиндров:  $\sum M_{\text{к.ср}} = i M_{\text{к.ср}}$ . Крутящий момент, развиваемый двигателем, неравномерен. Для характеристики этого свойства двигателя используют коэффициент неравномерности крутящего момента

$$\mu = (M_{\text{max}} - M_{\text{min}}) / M_{\text{ср}},$$

где  $M_{\text{max}}$  и  $M_{\text{min}}$  - соответственно максимальное и минимальное значения крутящего момента,  $M_{\text{ср}}$  - среднее значение крутящего момента.

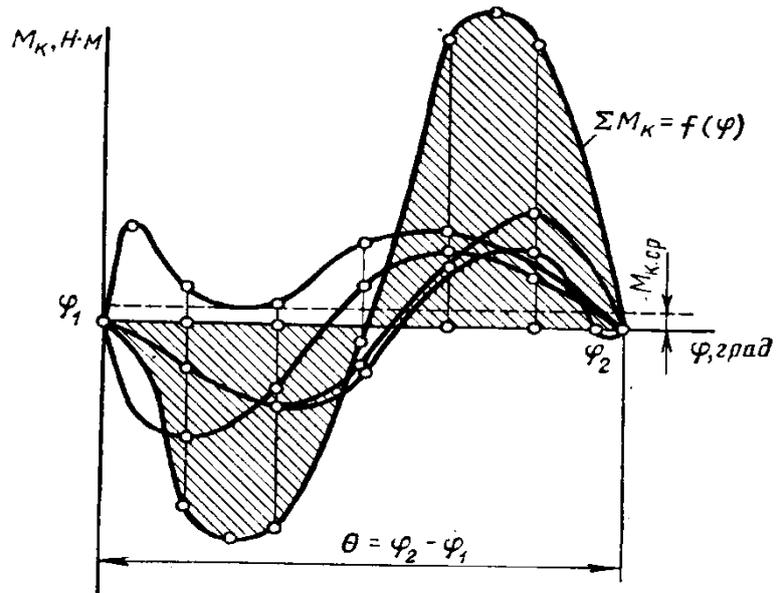


Рис. 6.3. Построение кривой суммарного крутящего момента четырехцилиндрового двигателя