

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов всех форм обучения направления
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических
машин и комплексов»

Севастополь
СевГУ
2024

УДК [621.431.7:629.331](076.5)
ББК 39.35-5*я73
С365

Р е ц е н з е н т:
В.И. Пахалюк – канд. техн. наук

Составители: П.К. Сопин, И.Ю. Чуйко, А.А. Харченко

С365 Силовые агрегаты : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт ; сост.: П. К. Сопин, И. Ю. Чуйко, А. А. Харченко. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 78 с. – Текст : электронный.

Предназначены для студентов направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения. Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Силовые агрегаты». Излагаются основные теоретические сведения, порядок выполнения работ и требования к оформлению отчетов.

УДК [621.431.7:629.331](076.5)
ББК 39.35-5*я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры автомобильного транспорта, протокол № 6 от 12 февраля 2024 г.

© П. К. Сопин, И. Ю. Чуйко,
А. А. Харченко, сост., 2024
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА.....	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	23
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ	34
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ	46
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6	
ИЗУЧЕНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И СНЯТИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЧНОЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ	63
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8	
ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОЛОСТОГО ХОДА ДВИГАТЕЛЯ.....	67
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ.....	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	77
ПРИЛОЖЕНИЕ В	78

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: расширить и закрепить теоретические знания, полученные студентами при изучении автотранспортных двигателей внутреннего сгорания, получить практические навыки измерений конструктивных параметров двигателей внутреннего сгорания

Задачи работы: изучение конструкции двигателя, определение его параметров и технических характеристик.

В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе и ее выполнения студент должен:

- знать тенденции конструирования автомобильных двигателей; основные типы современных отечественных и зарубежных автотракторных двигателей, и особенности их компоновки; требования стандартов, предъявляемые к современным двигателям; энергетические, экономические, экологические показатели автомобильных и тракторных двигателей;
- уметь самостоятельно оценивать технический уровень конструкции автомобильных и тракторных двигателей;
- приобрести практические навыки самостоятельного определения технической характеристики автомобильных и тракторных двигателей, критического анализа оценки технического уровня двигателя.

1.1. Теоретический раздел

Двигатель – энергосиловая машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу. На большинстве современных автомобилей и тракторов установлены тепловые двигатели внутреннего сгорания (ДВС). В них теплота, выделяемая при сгорании топлива в цилиндрах, преобразуется в механическую работу.

По конструкции ДВС разделяют на поршневые и роторные. В поршневых двигателях расширяющиеся при сгорании топлива газы перемещают поршень, возвратно-поступательное движение которого преобразуется во вращательное движение коленчатого вала. В зависимости от способа смесеобразования и воспламенения поршневые двигатели делятся на две основные группы.

К первой относятся двигатели с принудительным воспламенением рабочей смеси. Самые распространенные двигатели этой группы – с искровым зажиганием, работающие на бензине, сжатом или сжиженном газе. В этих двигателях смесь воспламеняется в цилиндре электрической искрой. Смесеобразование может быть, как внешним (впрыск топлива во впускной воздушный трубопровод), так и внутренним (непосредственный впрыск топлива в цилиндр)

Ко второй группе относятся дизельные двигатели (дизели) - двигатели с внутренним смесеобразованием и воспламенением от сжатия. В дизелях смесь образуется в процессе впрыскивания топлива в цилиндр, а затем самовоспламеняется под действием высокой температуры.

В роторных двигателях расширяющиеся при сгорании топлива газы воздействуют на вращающуюся деталь – ротор. Эти двигатели делятся на газотурбинные и роторно-поршневые.

Автомобильные поршневые двигатели внутреннего сгорания классифицируются [1, 2]:

- по тактности: четырехтактные и двухтактные;
- по способу смесеобразования: внешнее и внутреннее, или непосредственное (дизели и двигатели с впрыскиванием бензина непосредственно в цилиндры);
- по способу воспламенения рабочей смеси: принудительное от электрической искры (бензиновые, газовые и др.) и от сжатия (дизели и газо - дизели);
- по виду используемого топлива: бензиновые, газовые, дизельные, работающие на альтернативных топливах;
- по числу цилиндров: одноцилиндровые и многоцилиндровые (двух-, трех-, четырех-, шести-, восьмицилиндровые и т.д.);
- по способу расположения цилиндропоршневой группы: однорядные: с вертикальным расположением цилиндров в один ряд и с наклонным расположением оси цилиндра под углом $20...40^\circ$; двухрядные: с расположением цилиндров под углом $67..90^\circ$ (V-образные) и с противоположным горизонтальным расположением цилиндров (оппозитные);
- по способу наполнения цилиндров свежим зарядом: двигатели без наддува, или атмосферные, в которых наполнение осуществляется за счет разрежения, создаваемого в цилиндре при движении поршня от ВМТ к НМТ; с наддувом, когда наполнение цилиндра свежим зарядом происходит под давлением, создаваемым нагнетателем;
- по способу регулирования мощности: качественное и количественное;
- по рабочему объему цилиндров: микролитражные, малолитражные, среднелитражные и большого литража;
- по охлаждению: жидкостное или воздушное;
- по отношению хода поршня к диаметру цилиндра S/D : короткоходные и длинноходные.

ДВС состоит из кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения и систем смазки, охлаждения, питания, вентиляции и зажигания (для двигателей с искровым зажиганием).

В качестве общих для всех типов двигателей показателей, кроме номинальной мощности и срока службы, следует назвать частоту вращения n коленчатого вала (мин^{-1}), среднее эффективное давление p_e (МПа), рабочий объем $i \cdot V_h$ цилиндров двигателя, определяемый рабочим объемом V_h (л или

дм³) цилиндра и числом цилиндров i , а также отношение хода S поршня к диаметру D цилиндра, т.е. S/D и тактность τ двигателя.

Размер кривошипа коленчатого вала определяется радиусом R , равным расстоянию между осями шатунной и коренной шеек (рис. 1.1). Длина шатуна L является расстоянием между осями его верхней и нижней головок. Отношение R/L в автотракторных двигателях составляет $1/3,5 \dots 1/4,5$.

Ход поршня S и диаметр цилиндра D являются важными параметрами двигателя и определяют его размеры. Ход поршня S равен удвоенному радиусу кривошипа. Отношение S/D в современных двигателях составляет $0,7 \dots 1,2$. Если $S/D \leq 1,0$, то двигатель называется короткоходным. Многие современные двигатели делают короткоходными.

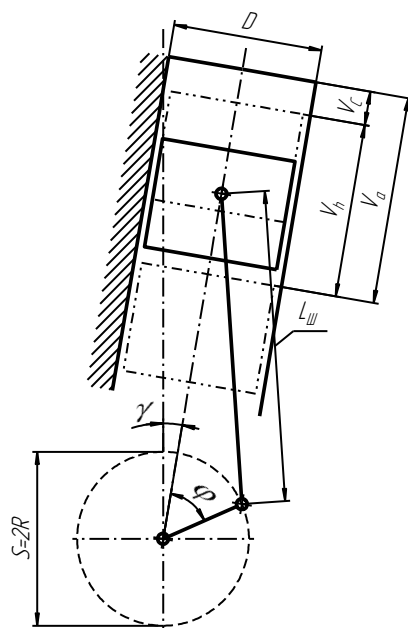


Рисунок 1.1 – Кинематическая схема и геометрические характеристики кривошипно-шатунного механизма

Объем, освобожденный при перемещении поршня от ВМТ до НМТ, называется рабочим объемом цилиндра и обозначается V_h . Сумма рабочих объемов всех цилиндров в многоцилиндровом двигателе называется рабочим объемом двигателя и выражается в дм³.

Объем, образующийся над поршнем при его нахождении в ВМТ, называется объемом камеры сгорания, или объемом камеры сжатия, и обозначается V_c .

Таким образом, полный объем цилиндра, дм³:

$$V_a = V_h + V_c. \quad (1.1)$$

Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия называется степенью сжатия ε :

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} . \quad (1.2)$$

Для двигателей с искровым зажиганием $\varepsilon = 8...11$ для дизелей – $12...22$.

Энергетические показатели двигателя оцениваются эффективной мощностью и крутящим моментом. Эффективный момент M_e зависит от среднего эффективного давления газов p_e и рабочего объема цилиндров двигателя.

Для малообъемных ДВС с искровым зажиганием $M_{e\max} = 70...120$ Н·м, для грузовых автомобилей $M_{e\max} = 200...450$ Н·м, для грузовых автомобилей большой грузоподъемности $M_{e\max} = 500...2500$ Н·м.

Эффективная мощность двигателя N_e , кВт, зависит от параметров двигателя следующим образом:

$$N_e = \frac{p_e \cdot n_e \cdot i \cdot V_h}{30 \cdot \tau} , \quad (1.3)$$

где τ – число тактов двигателя.

Мощность и крутящий момент связаны соотношением

$$N_e = \frac{M_e n_e}{9652} , \quad (1.4)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт; M_e – эффективный момент, Н·м; n_e – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

Мощность N_g , приходящаяся на единицу рабочего объема двигателя (1 дм^3 или 1 л), характеризует его совершенство.

$$N_g = N_e / V_h . \quad (1.5)$$

Средняя скорость поршня C_m , м/с характеризует уровень быстроходности ДВС

$$C_m = S \cdot n / 30 . \quad (1.6)$$

Числовые значения основных показателей, характеризующих конструкцию поршневого двигателя, показаны в таблице 1.1.

Экономичность работы двигателя оценивается эффективным расходом топлива (в граммах) за 1 ч на единицу мощности.

$$g_e = \frac{G_e}{N_e}, \quad (1.7)$$

где G_e – часовой расход топлива, г/ч.

Таблица 1.1 – Основные показатели, характеризующие конструкцию поршневого ДВС

Тип двигателя	P_e , МПа	n , тыс. мин ⁻¹	C_m , м/с	S/D	i	N_q , кВт/л
Четырехтактный с принудительным воспламенением	0,75...1,8	4,5...6,5	13,3...17,3	0,85...1,00	3...8	50...75
Четырехтактный дизель (автомобили малой грузоподъемности, легковые)	1,2...2,0	3,5...4,2	10,0...13,5	1,0...1,2	3...8	30...50
Четырехтактный дизель (автомобили большой грузоподъемности)	1,5...2,0	1,8...2,7	9,5...11,0	1,0...1,3	3...12	22...30
Тракторный четырехтактный дизель	1,1...1,5	1,8...2,1	8,5...9,5	1,10...1,35	3...12	17...26

Для ДВС с искровым зажиганием $g_e = 220...310$ г/(кВт·ч), для дизелей $g_e = 200...260$ г/(кВт·ч).

Важным показателем работы поршневых двигателей является их соответствие экологическим стандартам, прежде всего, по нормам предельных выбросов токсичных веществ и дымности выхлопных газов.

С 2002 г. в Российской Федерации действовали требования экологического стандарта «Евро-2», с 2016 г. — «Евро-5» (таблицы 1.2, 1.3).

Таблица 1.2 – Легковые автомобили с бензиновыми двигателями (г/км)

Нормы	Дата ввода в действие	CO	CH	NO _x
Евро 0	1.10.86	15...24	4,6...6,8	
Евро I	1.10.90	2,7	0,97	
ЕВРО II (пересчет)	1.01.97	2,2 (2,7)	0,5 (0,34) (0,25)	
Евро III	1.01.01	2,3	0,20	0,15
Евро IV	1.01.06	1	0,1	0,08

Таблица 1.3 – Легковые автомобили с дизельными двигателями (г/км)

Нормы	Введены в действие	CO	CH	NOx	Твердые частицы
Евро 0	1.10.86	15...27	4,6...6,8		-
Евро I	1.10.90	2,7	0,97		0,14
ЕВРО II	1.01.97	1	0,7		0,08
Евро III	1.01.01	0,64	3,56 (0,50)	0,15	0,05
Евро IV	1.01.06	0,5	3,3 (0,25)	0,08	0,025

1.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная оборудование состоит из разрезных макетов ДВС: модель МеМЗ-245 (рисунки 1.2, 1.3), модели ЗМЗ-402; макетов действующих двигателей: модели МеМЗ-245, модели МеМЗ-302, модели GM 16D, модели 414; сборных макетов двигателей: модели ВАЗ-2101, модели Ява 634-01. Разрезные и составные макеты ДВС установлены на поворотных подставках, позволяющих при необходимости производить разборку.

Для частичной разборки ДВС применяется набор гаечных ключей. Измерения проводятся с помощью электронного штангенциркуля.

1.3. Порядок проведения практической части работы

При выполнении работы студенты должны соблюдать правила по охране труда и пожарной безопасности, разработанные и утвержденные кафедрой для лаборатории двигателей внутреннего сгорания и эксплуатационных материалов.

Основные типы двигателей, тенденции развития двигателестроения, их механизмы, системы, основные требования, предъявляемые к автотракторным двигателям, студенты изучают до выполнения лабораторной работы (при самостоятельной подготовке по справочной литературе [1, 2]).

Работа проводится в следующем порядке:

- 1) Перед началом работы убедиться в комплектности двигателя, наличии и исправности необходимого инструмента и приспособлений.
- 2) Убедиться в надёжной фиксации разрезной модели двигателя.
- 3) Определить основные параметры двигателя, занести их в таблицу 1.3.
- 4) После проверки преподавателем полученных данных привести в порядок рабочее место, сдать двигатель и инструмент инженеру.

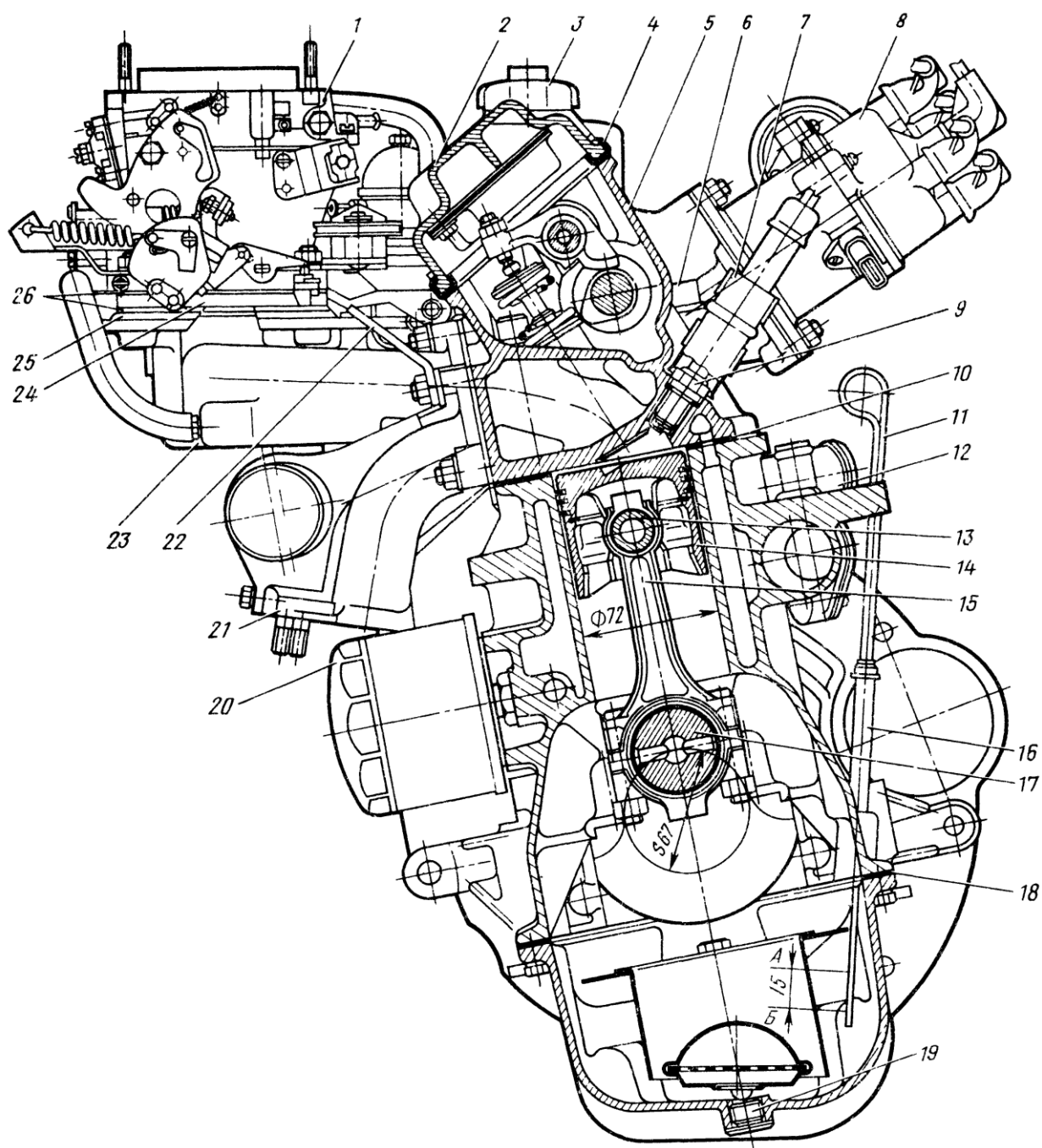


Рисунок 1.2 – Поперечный разрез двигателя MeM3-245:

- 1 – карбюратор; 2 – крышка головки цилиндров; 3 – крышка маслозаливной горловины;
 4 – прокладка крышки головки цилиндров; 5 – головка цилиндров; 6 – болт крепления
 головки цилиндров; 7 – наконечник свечи; 8 – датчик-распределитель; 9 – свеча зажигания;
 10 – прокладка головки цилиндров; 11 – маслоизмерительный стержень; 12 – трубка
 подводящая жидкость; 13 – палец поршня; 14 – поршень; 15 – шатун; 16 – трубка
 маслоизмерительного стержня; 17 – коленчатый вал; 18 – прокладка масляного картера;
 19 – маслосливная пробка; 20 – масляный фильтр; 21 – выпускной коллектор;
 22 – рым-планка; 23 – впускной коллектор; 24 – проставка фланца; 25 – топливосборник;
 26 – прокладка фланца карбюратора. уровни масла:

А – верхний, соответствующий 3,45 л и Б – нижний, равный 2,45 л

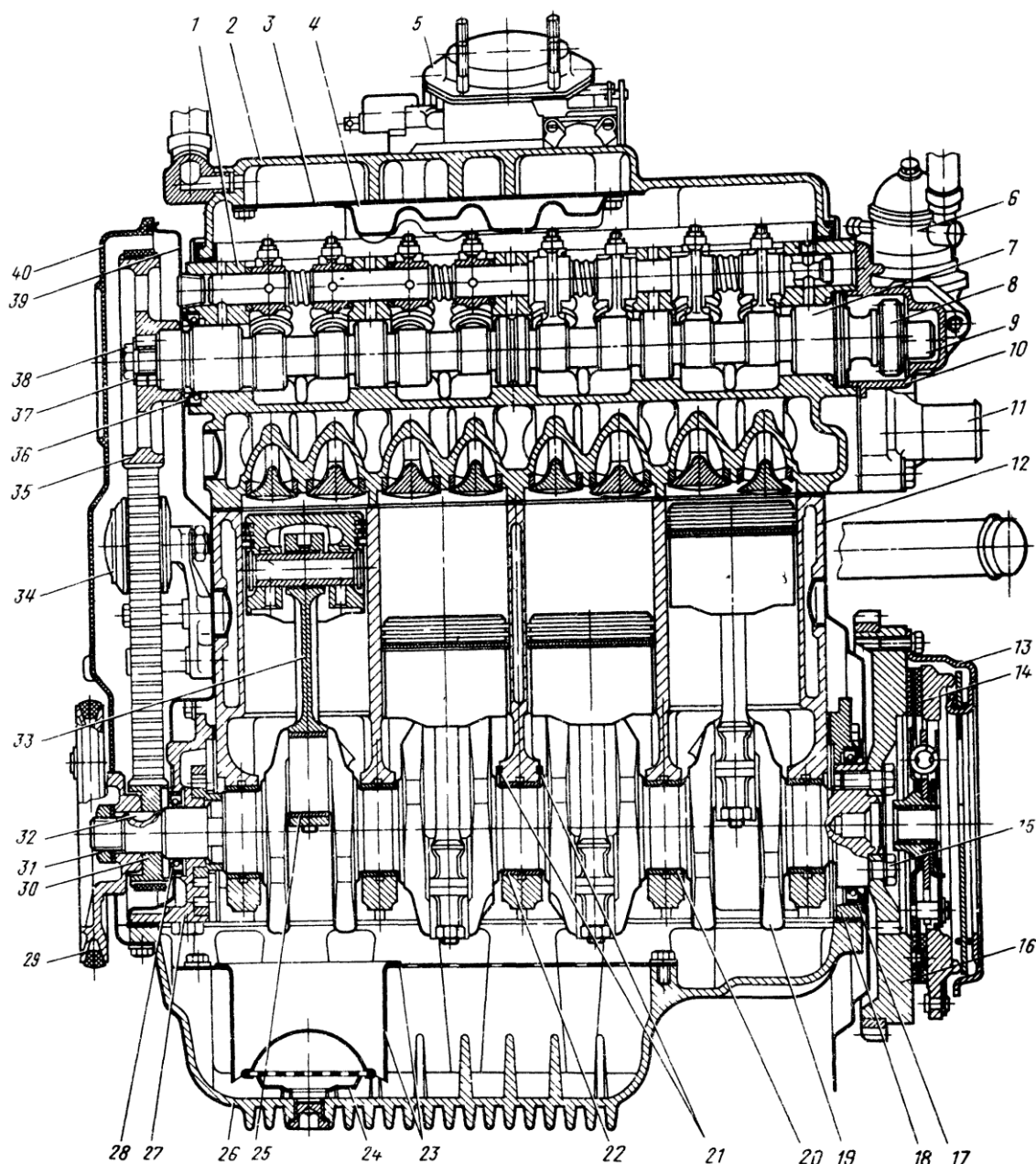


Рисунок 1.3 – Продольный разрез двигателя MeM3-245:

1 – головка цилиндров, 2 – крышка головки цилиндров; 3, 4 – прокладка и крышка маслоотделителя, 5 – фланец карбюратора; 6 – бензонасос; 7 – распредвал; 8 – ведущая шестерня привода датчика-распределителя; 9 – кулачок привода бензонасоса; 10 – корпус привода датчика-распределителя и бензонасоса, 11 – отводящий патрубок; 12 – блок цилиндров; 13 – нажимной диск; 14 – ведомый диск, 15, 38 – болты; 16 – маховик; 17, 28, 36 – манжеты; 18 – держатель манжеты; 19 – коленчатый вал; 20 – вкладыши коренных подшипников, 21 – упорные полукольца коренного подшипника, 22 – вкладыш среднего коренного подшипника; 23 – маслоуспокоитель; 24 – приемник масляного насоса; 25 – вкладыш нижней головки шатуна; 26 – масляный картер; 27 – масляный насос; 29 – шкив привода генератора, 30 – ведущий шкив коленчатого вала; 31 – гайка, 32 – шпонка, 33 – шатун в сборе; 34 – натяжной ролик, 35 – шкив привода распределительного вала; 37 – стопорная шайба; 39, 40 – внутренний и наружный кожухи плосkozубчатого ремня

1.4. Порядок проведения теоретических расчетов

При проведении лабораторной работы на основании справочных данных или справочных материалов рассчитываются следующие параметры двигателя.

1) Отношение хода поршня к диаметру цилиндра:

$$K = \frac{S}{D}, \quad (1.8)$$

где K – показатель короткоходности;

S – ход поршня, дм;

D – диаметр цилиндра, дм.

2) Рабочий объем цилиндра, дм³

$$V_h = S \cdot F = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (1.9)$$

где F_{π} – площадь поршня, дм².

3) Объем камеры сжатия, дм³

$$V_C = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}, \quad (1.10)$$

где ε – степень сжатия.

4) Рабочий объем двигателя, дм³:

$$V_r = i \cdot V_h, \quad (1.11)$$

где i – число цилиндров, шт.

5) Объемная мощность двигателя, кВт/дм³:

$$N_g = \frac{N_{e\max}}{V_r}, \quad (1.12)$$

где $N_{e\max}$ – максимальная эффективная мощность двигателя, кВт.

6) Поршневая мощность, кВт

$$N_{II} = \frac{N_{e\max}}{i}, \quad (1.13)$$

Результаты вычислений занести в таблицу 1.3.

1.5. Содержание отчета

Отчет о проделанной работе должен содержать:

- 1) название, цель и задачи;
- 2) схему лабораторной установки;
- 3) результаты выполнения индивидуального задания (таблица 1.3);
- 4) необходимые расчеты по лабораторной работе;
- 5) выводы.

Таблица 1.3 – Техническая характеристика двигателя выданного на основе индивидуального задания

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
1	2	3
Модель автомобиля	-	
Год выпуска автомобиля	-	
Модель двигателя	-	
Тип двигателя	-	
Способ:		
- осуществления рабочего цикла	-	
- смесеобразования	-	
- воспламенения рабочей смеси	-	
Вид и марка применяемого топлива	-	
Число цилиндров, i	шт	
Расположение цилиндров	-	
Диаметр цилиндров, D	мм	
Ход поршня, S	мм	
Наклон оси цилиндра к вертикали в моторном отсеке	град	
Тип двигателя по отношению S/D	-	
Способ наполнения цилиндров свежим зарядом	-	
Порядок работы цилиндров	-	
Объем цилиндра:		
рабочий, V_h	дм ³	

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
полный, V_a	дм ³	
камеры сжатия, V_c	дм ³	
Степень сжатия, ε	-	
Рабочий объем двигателя, V_r	дм ³	
Максимальная мощность, $N_{e\ max}$	кВт	
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, n_{eN}	мин ⁻¹	
Максимальный крутящий момент, $M_{e\ max}$	Н·м	
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, n_{eM}	мин ⁻¹	
Мощность, приходящаяся на единицу полного объема двигателя	кВт/дм ³	
Эффективный удельный расход топлива, g_e	г/(кВт·ч)	
Тип системы смазки	-	
Марка применяемого масла летом и зимой	-	
Тип механизма газораспределения	-	
Расположение:		
- клапанов	-	
- распределительного вала	-	
Тип системы вентиляции картера	-	
Способ охлаждения	-	
Марка охлаждающей жидкости	-	
Объемная мощность двигателя, N_g	кВт/дм ³	
Поршневая мощность, N_n	кВт	

1.6. Контрольные вопросы

1. Какие преобразования энергии происходят в тепловом двигателе?
2. Назначение двигателя.
3. Признаки классификации ДВС.
4. Энергетические и экономические показатели двигателей.
5. Экологические показатели двигателей.
6. Способы осуществления рабочего цикла.
7. Способы смесеобразования и воспламенения рабочей смеси.
8. Виды и марки применяемых топлив.
9. Способы наполнения цилиндров свежим зарядом.
10. Объемы цилиндров двигателя.
11. Типы системы смазки и марки применяемых масел.
12. Типы системы охлаждения и марки охлаждающей жидкости.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

Цель работы: закрепить теоретические знания, полученные студентами при изучении конструкции и кинематики кривошипно-шатунного механизма (КШМ) двигателей с искровым зажиганием и с воспламенением от сжатия.

Задачи работы: изучение конструкции КШМ автотранспортных ДВС, а также получение навыков технических измерений и анализа конструктивных параметров.

В результате самостоятельной подготовки к лабораторной работе и ее выполнения студент должен:

- знать основные типы поршневых ДВС современных отечественных автомобилей, требования, предъявляемые к КШМ и его деталям согласно стандартам, конструктивные особенности и принцип действия КШМ;
- уметь самостоятельно оценивать конструкции КШМ, пользоваться измерительным инструментом и измерять параметры, анализировать конструкцию и технический уровень КШМ;
- приобрести практические навыки работы с приспособлениями, проведения разборки и сборки КШМ, определения геометрических параметров КШМ.

2.1. Теоретический раздел

КШМ составляет основу конструкции большинства поршневых ДВС. Его значение состоит в том, чтобы воспринимать давление газов, возникающее в цилиндре, и преобразовывать прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Обе функции, выполняемые механизмом, обеспечивают решение инженерной задачи, связанной с преобразованием тепловой энергии в механическую работу при сжигании топлива в цилиндрах ДВС. В современных поршневых автомобильных двигателях применяются в основном КШМ аксиального типа [2].

КШМ двигателя состоит из неподвижных и подвижных деталей. К неподвижным относят: блок цилиндров (является базовой деталью ДВС), гильзы цилиндров (при наличии), головка блока цилиндров, картер маховика и сцепления, нижний картер (поддон), крышки блока, крепежные детали, прокладки крышек блока, кронштейны, полукольца коленчатого вала; к подвижным - поршень с поршневым пальцем и кольцами, шатун, коленчатый вал с подшипниками и маховик (рис. 2.1).

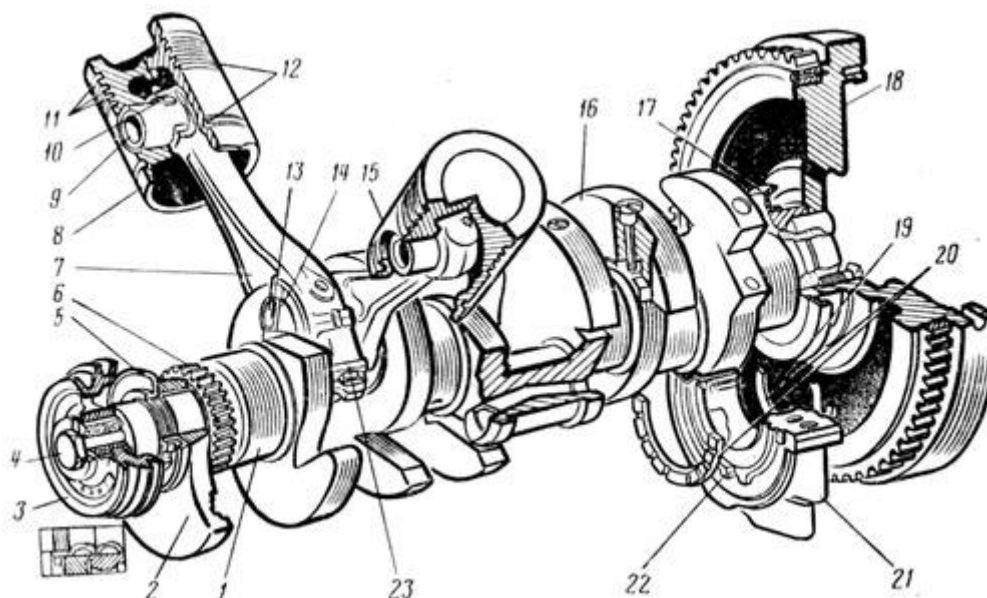


Рисунок 2.1 — Подвижные элементы КШМ:

1 – коленчатый вал; 2 – противовес; 3 – шкив; 4 – болт для проворачивания коленчатого вала; 5 – маслоотражатель; 6 – шестерня; 7 – шатун; 8 – поршень правого ряда цилиндров; 9 – поршневой палец; 10 – втулка верхней головки шатуна; 11 – компрессионные поршневые кольца; 12 – маслосъемные поршневые кольца; 13 – заглушка; 14 – полость в шатунной шейке; 15 – поршень левого ряда цилиндров; 16 – противовесы коленчатого вала; 17 – маслоотражатель; 18 – маховик; 19 – выносной противовес на маховике; 20 – упорные полукольца; 21 – крышка заднего коренного подшипника; 22 – установочный штифт; 23 – крышка шатуна

Широко применяются однорядные двигатели с вертикальным и двухрядные с V-образным расположением цилиндров. В многоцилиндровых двигателях интервалы между рабочими ходами, выраженные в градусах поворота коленчатого вала, определяются числом цилиндров двигателя. Для четырехтактных и двухтактных двигателей эти интервалы при равномерном чередовании рабочих ходов равны соответственно $720^\circ/i$ и $360^\circ/i$, где i — число цилиндров. Цилиндры современных многоцилиндровых двигателей с жидкостным охлаждением изготавливают с двойными стенками, отливают в общем блоке, обычно с верхней частью картера, и называют блок-картером. Существующие конструкции блок-картеров разделяют на блок-картеры с несущими цилиндрами, с несущими стенками рубашки охлаждения и несущими силовыми (анкерными) шпильками.

Большое значение для нормальной работы двигателя имеет уплотняющая способность поршневой группы, работающей в сложных температурных условиях с резко изменяющимися нагрузками при ограниченной смазке и недостаточном теплоотводе из-за трудностей охлаждения. Поршень, являясь базовой деталью поршневой группы и наиболее напряженным элементом КШМ, должен обладать высокой прочностью, теплопроводностью, износостойкостью и малой массой. С учетом этого и выбирают конструкцию и материал поршня. Для двигателей автомобильного типа поршни изготавливают в основном из алюминиевых сплавов и чугуна.

Правильно сконструированные алюминиевые поршни могут работать с очень малым зазором, не вызывая стука даже в холодном состоянии. Достигается это с помощью компенсационных прорезей или вставок, которыми снабжаются стенки юбки, придания юбке овальной или овально-конусовидной формы и путем изолирования рабочей (направляющей) ее зоны от более горячей части поршня головки, применения компенсационных (инварных) вставок, удаления нерабочей части юбки.

Сложные условия работы КШМ вызывают деформацию и повышенный износ шатунных и коренных шеек коленчатого вала, порождают крутильные и осевые колебания. Поэтому конструкция коленчатого вала должна обладать достаточной прочностью, жесткостью и износостойкостью при сравнительно небольшой массе.

Коленчатые валы автомобильных и тракторных двигателей изготавливают методомковки или литья из среднеуглеродистых сталей или из высококачественных чугунов, с последующей механической обработкой.

Коленчатые валы многоцилиндровых двигателей представляют собой сложную пространственную конструкцию, форма которой во многом предопределяется числом коренных опор, принятых для данного двигателя. В этой связи коленчатые валы разделяют на полно- и неполноопорные.

Для повышения жесткости коленчатого вала обеспечивают перекрытие его коренных и шатунных шеек. Конструкция коленчатого вала и его форма выбираются так, чтобы независимо от тактности двигателя обеспечивалось равномерное чередование рабочих ходов при любом принятом числе и расположении цилиндров, а также достигалось более полное уравнивание двигателя. С этой целью колена вала, равноотстоящие от его середины (от оси симметрии), располагают в одной плоскости (продольно-симметричная конструкция).

2.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторное оборудование состоит из макетов ДВС, установленных на поворотных стендах, приспособлений и слесарного инструмента для разборки и сборки КШМ и измерительного инструмента для определения геометрических параметров КШМ.

Поворотный стенд позволяет поворачивать двигатель на 360° (рис. 2.2). С целью сокращения времени для разборочно-сборочных работ сняты с двигателя приборы электрооборудования, системы питания, смазки и охлаждения.

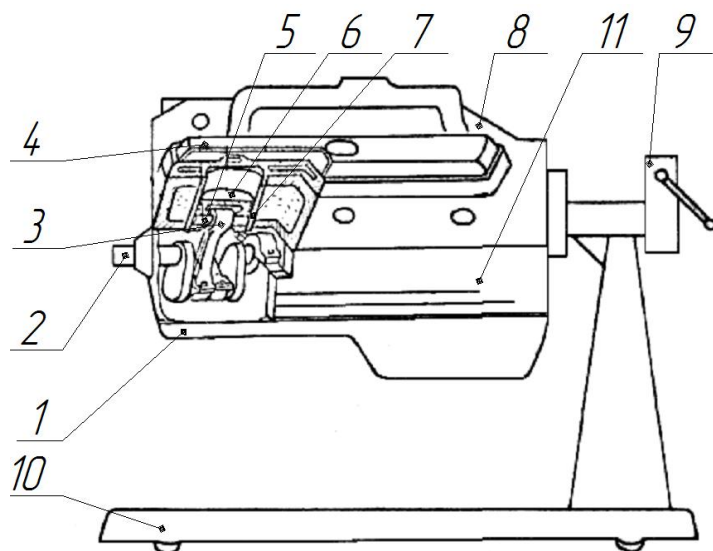


Рисунок 2.2 – Установка для определения параметров кривошипно-шатунного механизма:

- 1 – поддон картера; 2 – коленчатый вал; 3 – шатун; 4 – головка блока цилиндров;
 5 – поршневой палец; 6 – поршень; 7 – гильза; 8 – блок цилиндров; 9 – редуктор станда;
 10 – основание станда; 11 – картер двигателя

2.3. Порядок проведения практической части работы

Для получения необходимых исходных данных для работы необходимо:

- 1) убедиться в надежности крепления двигателя на поворотном станде и проверить наличие необходимых приспособлений и инструментов;
- 2) снять головку блока цилиндров и установить поршень первого цилиндра в верхнюю мертвую точку;
- 3) измерить ход поршня. Для этого повернуть коленчатый вал и установить поршень первого цилиндра в нижнюю мертвую точку. Определить диаметр цилиндра по формуле (2.1), измерив его нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;
- 4) определить объем камеры сжатия, рабочий и полный объемы цилиндра на основе измерений и теоретических расчетов (формулы 2.3, 2.4);
- 5) оценить двигатель по отношению S/D (формула 2.2);
- 6) повернуть двигатель на 180° , снять поддон картера, шатуны с поршнями и коленчатый вал;
- 7) по формуле (2.9) определить овальность направляющей части поршня, измерив ее микрометром в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (в плоскости поршневого пальца и перпендикулярной к нему);
- 8) определить ступенчатость поршня, измерив микрометром диаметры направляющей и уплотняющей частей;
- 9) изучить конструкцию поршня (форму днища, кольцевые канавки, меры предохранения от заклинивания и уменьшения силы инерции и др.);
- 10) изучить конструкцию и крепление поршневого пальца (обратить внимание на его фиксацию от осевого перемещения);
- 11) изучить конструкцию шатуна (обратить внимание на подвод масла к поршневому пальцу нижней крышки шатуна, на сечение тела шатуна и др.);

- 12) измерить диаметры коренной и шатунной шеек коленчатого вала;
- 13) рассчитать перекрытие шеек коленчатого вала по формуле (2.10);
- 14) записать результаты измерений и наблюдений в таблицу 2.1;
- 15) После проверки преподавателем полученных результатов (таблиц, схем, эскизов и т.д.) собрать двигатель, привести в порядок рабочее место и сдать инструмент.

2.4. Порядок проведения теоретических расчетов

При проведении лабораторной работы на основании произведённых замеров или справочных материалов рассчитываются следующие параметры КШМ:

- 1) диаметр цилиндра, мм:

$$D = \frac{D' + D''}{2}, \quad (2.1)$$

где D' – диаметр цилиндра, в плоскости, параллельной оси двигателя, мм;

D'' – диаметр цилиндра, в плоскости, перпендикулярной оси двигателя, мм.

- 2) отношение хода поршня к диаметру цилиндра:

$$K = \frac{S}{D}, \quad (2.2)$$

где K – показатель короткоходности;

S – ход поршня, мм;

D – диаметр цилиндра, мм.

- 3) рабочий объем цилиндра, дм^3 :

$$V_h = S \cdot F_{\Pi} = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.3)$$

где F_{Π} – площадь поршня, дм^2 ;

- 4) объем камеры сжатия, дм^3 :

$$V_C = \frac{V_h}{\mathcal{E} - 1}, \quad (2.4)$$

где V_h – рабочий объём цилиндра, дм^3 ;

$\mathcal{E}$ – степень сжатия (приложение Б).

- 5) рабочий объем двигателя, дм^3 :

$$V_r = i \cdot V_h, \quad (2.5)$$

где i – количество цилиндров.

6) диаметр уплотняющей части поршня, мм:

$$D_y = \frac{D'_y + D''_y}{2}, \quad (2.6)$$

где D'_y – диаметр уплотняющей части поршня, в плоскости поршневого пальца, мм;

D''_y – диаметр уплотняющей части поршня, в плоскости, перпендикулярной поршневому пальцу, мм;

7) Диаметр направляющей части поршня, мм:

$$D_n = \frac{D'_n + D''_n}{2}, \quad (2.7)$$

где D'_n – диаметр направляющей части поршня в плоскости поршневого пальца, мм;

D''_n – диаметр направляющей части поршня в плоскости, перпендикулярной к поршневому пальцу, мм.

8) конусность поршня, мм:

$$C = \frac{D_n - D_y}{h}, \quad (2.8)$$

где h – высота поршня, мм.

9) овальность поршня, мм:

$$\Delta_0 = D''_n - D'_n \quad (2.9)$$

10) перекрытие шеек коленчатого вала, мм:

$$A = r_{ши} + r_{ки} - R_k, \quad (2.10)$$

где $r_{ши}$, $r_{ки}$ – радиус соответственно шатунной и коренной шейки коленчатого вала, мм;

R_k – радиус кривошипа коленчатого вала, мм.

Результаты вычислений занести в таблицу 2.1.

2.5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) название, цели и задачи работы;
- 2) краткие теоретические сведения;
- 3) расчеты по лабораторной работе.
- 4) результаты измерений и вычислений (таблица 2.1).
- 5) выводы.

Таблица 2.1 – Основные параметры КШМ

Параметр	Единицы измерения	Значение, величина
Тип двигателя	-	
Число и расположение цилиндров	шт	
Тип камеры сжатия	-	
Диаметр цилиндра	м	
Ход поршня	м	
Тип двигателя по отношению S/D	-	
Объем цилиндра	м ³	
- рабочий	м ³	
- камеры сжатия	м ³	
- полный	м ³	
Диаметр:	м	
- уплотняющей части поршня	м	
- направляющей части в плоскости поршневого пальца	м	
- направляющей части в плоскости, перпендикулярной к поршневому пальцу	м	
Овальность направляющей части поршня	м	
Конусность поршня	м	
Меры, предохраняющие поршень от заклинивания	-	
Меры по облегчению поршня	-	
Форма днища поршня	-	
Тип и крепление поршневого пальца	-	
Шатун:	-	
- сечение его тела	-	
- способ подачи масла к поршневому пальцу	-	
Размеры коленчатого вала:	м	
- диаметр коренной шейки	м	
- диаметр шатунной шейки	м	
- радиус кривошипа	м	
Тип коленчатого вала по количеству коренных шеек	-	
Перекрытие шеек коленчатого вала	м	
Способ фиксации коленчатого вала от осевого смещения	-	
Порядок работы цилиндров двигателя	-	

2.6. Контрольные вопросы

1. Назначение КШМ.
2. Перечислите подвижные и неподвижные детали КШМ.
3. Компоновочные схемы КШМ.
4. Конструкция и материалы деталей КШМ.
5. Основные типы камер сжатия.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Цель работы: расширить и углубить теоретические знания, получить навыки анализа конструкции газораспределительных механизмов (ГРМ) современных отечественных автотранспортных ДВС.

Задачи работы: изучение конструкции и работы клапанного механизма газораспределения автомобильного двигателя, определение основных конструктивных параметров и построение диаграммы подъема впускного и выпускного клапанов.

В результате самостоятельной подготовки к лабораторной работе и ее выполнения студент должен:

- знать основные типы клапанных механизмов современных автомобильных двигателей, требования, предъявляемые к ГРМ и их деталям, конструкцию и параметры, характеризующие ГРМ;
- уметь самостоятельно анализировать конструкции ГРМ, пользоваться измерительным и специальным инструментами и приспособлениями, строить диаграмму подъема клапанов, оценивать технический уровень современных ГРМ.

3.1. Теоретический раздел

ГРМ предназначен для управления впуском в цилиндры двигателя свежего заряда и выпуском из них отработавших газов.

Процесс газообмена в цилиндрах двигателя осуществляется через впускные и выпускные отверстия, которые механизм газораспределения открывает и герметически закрывает в соответствии с установленным порядком работы цилиндров двигателя, сообщая полость цилиндров то с впускным, то с выпускным трубопроводом. ГРМ кинематически связан с коленчатым валом и звеньями передающих устройств и движется синхронно с ним [1].

В зависимости от способа уплотнения впускных и выпускных отверстий различают золотниковые, клапанные и комбинированные механизмы газораспределения [4].

Наибольшее распространение на автомобильных четырехтактных двигателях получили клапанные механизмы газораспределения.

В зависимости от расположения клапанов относительно цилиндра различают: нижнеклапанные (зарубежное обозначение SV, Side Valve), верхнеклапанные (НС – Overhead Camshaft, SOHC – Single OverHead Camshaft DOHC – Double OverHead Camshaft).

Конструкция механизма газораспределения зависит от:

- размещения клапанов в блоке цилиндров (нижнеклапанные механизмы) или в головке (верхнеклапанные механизмы);

- расположения клапанов в цилиндре и их числа; размещения распределительного вала (в блоке цилиндров или в головке);
- типа толкателей (тарельчатые, цилиндрические, роликовые, рычажные);
- конструкции коромысел;
- числа и типа пружин (цилиндрические, конические, торсионные и др.);
- типа привода механизма газораспределения (зубчатая передача прямого зацепления или с промежуточными шестернями; цепная передача, плоскоременная или комбинированная).

Двигатели с механизмом типа SV (рис. 3.1) - двигатели с боковым расположением клапанов. В отечественной литературе такие двигатели чаще называют нижнеклапанными. Фактически впускной и выпускной клапаны расположены внизу и сбоку от цилиндра. Распределительный вал расположен также внизу и чаще всего имеет шестеренчатый привод от коленчатого вала. Такие двигатели обычно работают на низкооктановом бензине (не выше 92) и на невысоких оборотах, поскольку поток топливовоздушной смеси резко меняет свое направление, что ухудшает наполнение цилиндра. Эти двигатели недороги, надежны за счет хорошей смазки привода в общем картере с коленвалом, хотя отличаются повышенным расходом топлива по сравнению с верхнеклапанными двигателями. В настоящее время применяются в спецтехнике, например, в приводе электрогенераторов малой мощности, где обороты двигателя поддерживаются фиксированными (около 3000 мин⁻¹).

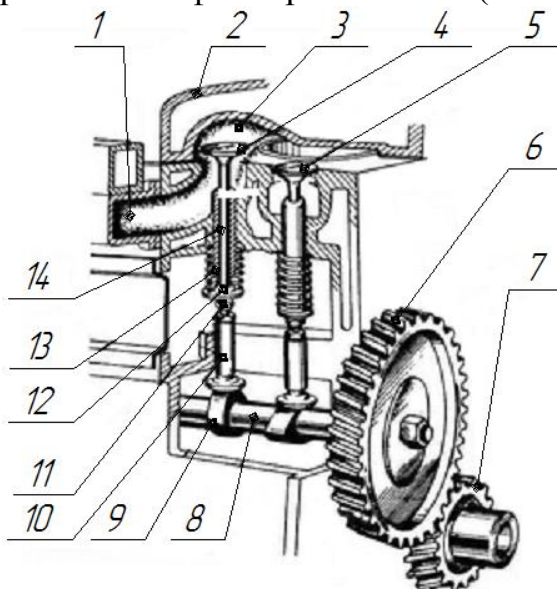


Рисунок 3.1 – Механизм газораспределения типа SV:

- 1 – выпускной газовый канал; 2 – головка блока цилиндров; 3 – камера сгорания;
- 4 – выпускной клапан; 5 – впускной клапан; 6 – ведомая шестерня привода (распределительный вал); 7 – ведущая шестерня привода (коленчатый вал);
- 8 – распределительный вал; 9 – кулачок распределительного вала; 10 – толкатель;
- 11 – болт регулировки теплового зазора; 12 – тарелка пружины клапана; 13 – пружина клапана; 14 – направляющая втулка клапана

В автомобилестроении двигатели этого типа были популярны в 30-х годах XX века. В советских автомобилях они прожили дольше и устанавливались на

ГАЗ-М-20 «Победу», ЗиС, «Москвич-401/402» и некоторые грузовые автомобили (в основном ГАЗ). Основные недостатки такой конструкции связаны с большой поверхностью сложной формы камеры сгорания и малоэффективным способом работы горючей смеси, что увеличивает расход топлива и тепловые потери в двигателе. Из-за этого двигатели склонны к детонации топливной смеси и не могут работать на высокооктановом бензине. В то же время простая система газораспределения и хорошие условия смазки всех ее деталей способствуют большому ресурсу.

Двигатели с механизмом типа OHV (рис. 3.2) — двигатели с верхним расположением клапанов. Впускной и выпускной клапаны расположены сверху от цилиндра. Распределительный вал расположен внизу и чаще всего имеет шестеренчатый привод от коленчатого вала (иногда цепной). Клапаны открываются и закрываются с помощью толкателей, штанг и коромысел.

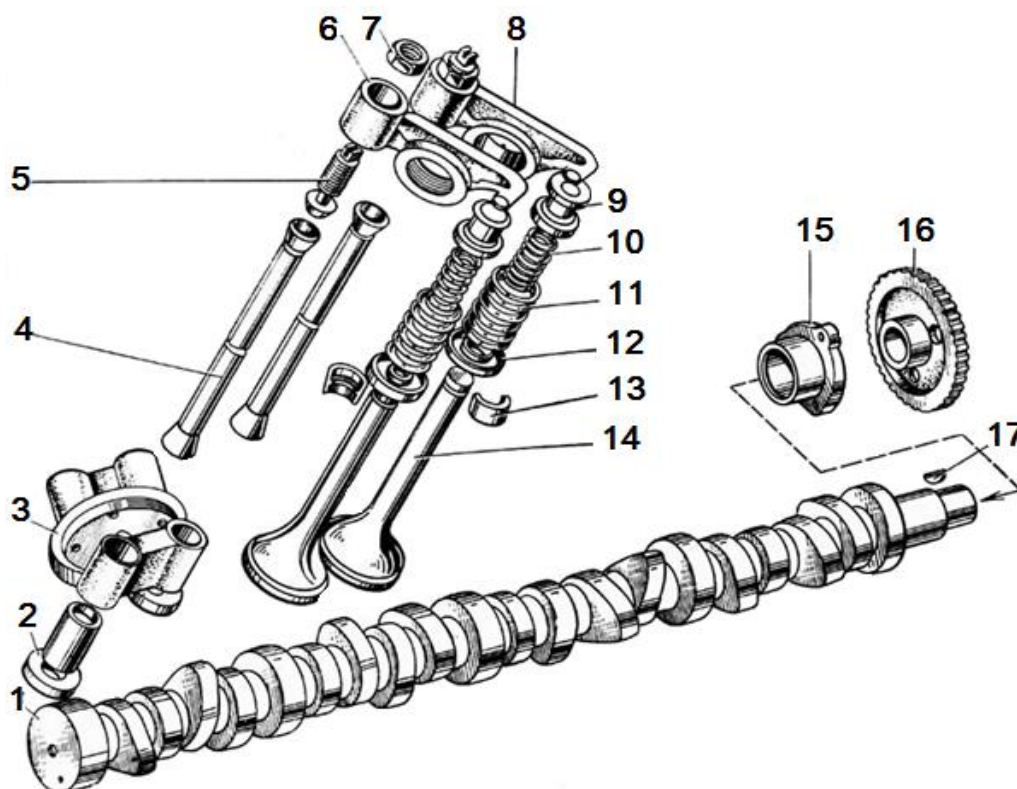


Рисунок 3.2 – Газораспределительный механизм типа OHV:

- 1 – вал распределительный; 2 – толкатель; 3 – направляющая толкателя;
 4 – штанга толкателя; 5 – винт регулировочный; 6 – коромысло впускного клапана;
 7 – гайка; 8 – коромысло выпускного клапана; 9 – втулка; 10 и 11 – внутренняя
 и наружная пружины соответственно; 12 – шайба; 13 – сухарь; 14 – клапан выпускной;
 15 – корпус подшипника; 16 – шестерня распределительного вала; 17 – шпонка

Такие двигатели обычно работают на бензине с октановым числом 95. Эти двигатели несколько дороже, чем SV, очень надежны, долговечны и экономичны и несколько менее шумны. Они устойчиво работают в широком диапазоне оборотов, эластичны. Эти свойства обусловлены в основном оптимальной формой камеры сгорания двигателя. Двигатели с таким ГРМ не

работают на больших оборотах (более 6500 об/мин) из-за сложной и достаточно большой по длине системы газораспределения, у которой при больших оборотах снижается жесткость системы и точность фаз газораспределения.

В автомобилестроении в настоящее время двигатели с этой схемой газораспределения чаще всего встречаются на американских бензиновых моторах большого рабочего объема, устанавливаемых в основном на джипы и пикапы и на тихоходных грузовых дизелях. Нередко автомобильные двигатели этого типа проходят миллион километров без капитального ремонта. Из отечественных двигателей наиболее известны двигатели Заволжского моторного завода ЗМЗ-401, 402 которые в течение нескольких десятилетий устанавливались на Волги и другие автомобили, а также V-образный ЗМЗ-53, КамАЗ-740.10 и т.д., которые устанавливаются на грузовые автомобили.

Двигатели с механизмами типа ОНС (рисунок 3.3) на сегодняшний день самые распространенные в автомобилестроении. В таких силовых агрегатах кулачки распределительного вала давят на клапаны непосредственно через толкатели, реже — через коромысла. Привод от коленчатого вала к распределительному валу чаще всего осуществляется цепью или зубчатым ремнем.

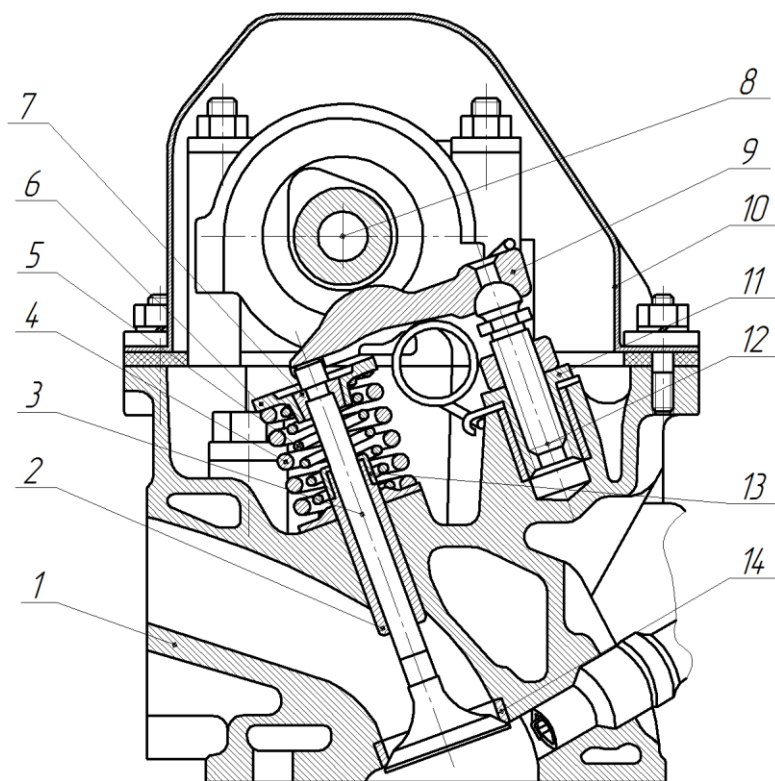


Рисунок 3.3 – Газораспределительный механизм типа ОНС:

- 1 – головка блока цилиндров; 2 – направляющая втулка клапана; 3 – впускной клапан;
- 4 – наружная пружина; 5 – внутренняя пружина; 6 – тарелка пружины; 7 – сухарь;
- 8 – распределительный вал; 9 – коромысло; 10 – крышка клапанов; 11 – втулка;
- 12 – регулировочный винт; 13 – маслоотражательный колпачок; 14 – седло клапана

Достоинства такого двигателя – четкая работа ГРМ в очень большом диапазоне оборотов, экономичность, надежность, низкая шумность, большой моторесурс. Такие ДВС могут быстро менять частоту вращения коленчатого вала, что позволяет двигателю быстро приспосабливаться к часто меняющейся нагрузке. В двигателях типа ОНС максимально используются положительные качества электронной системы зажигания. Камера сгорания такого двигателя имеет все достоинства двигателя OHV, а система газораспределения заметно легче и не содержит деталей, которые теряют жесткость при больших оборотах или при резком изменении оборотов двигателя.

Благодаря этим качествам двигатели с верхним расположением распределительного вала завоевали свое главенствующее положение в автомобилестроении. Они, или их модификации с двумя распределительными валами DOHC (рисунок 3.4), установлены на подавляющем большинстве современных автомобилей, включая многие модели современных отечественных автомобилей.

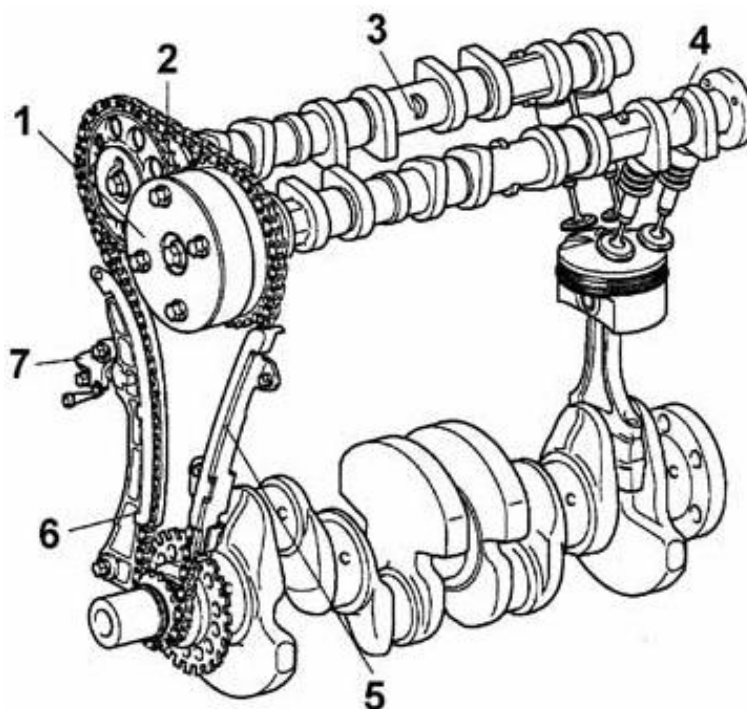


Рисунок 3.4 – Механизм газораспределения типа DOHC:

1 – регулятор фаз газораспределения, 2 – цепь привода ГРМ, 3 – распределительный вал выпускных клапанов, 4 – распределительный вал впускных клапанов, 5 – успокоитель цепи привода ГРМ, 6 – башмак натяжителя цепи, 7 – натяжитель цепи

Эффективность процесса газообмена в многоцилиндровых двигателях оценивается средним для всех цилиндров коэффициентом наполнения и равномерностью наполнения отдельных цилиндров. С целью лучшего наполнения свежим зарядом и лучшей очистки цилиндров двигателя от отработавших газов впускные и выпускные клапаны открываются и закрываются не при положении поршня в мертвых точках, а с некоторым

опережением и запаздыванием. Моменты открытия и закрытия клапанов обычно выражаются в углах поворота коленчатого вала и называются фазами газораспределения.

Впускной клапан открывается обычно с опережением: до ВМТ $\alpha = 5...30^\circ$. Это обеспечивает наличие некоторого проходного сечения с самого начала такта впуска и увеличивает время открытия клапанов. Закрывается впускной клапан с запаздыванием: $\beta = 30...90^\circ$ после ВМТ, что позволяет использовать инерционный напор всасываемой смеси, улучшая этим наполнение цилиндров двигателя. За время запаздывания закрытия впускного клапана в цилиндр поступает 10...15 % заряда.

Фаза впуска у современных автомобильных двигателей составляет в среднем $230...280^\circ$ угла поворота коленчатого вала.

Выпускной клапан открывается с опережением $40...80^\circ$ до НМТ, т.е. в конце рабочего хода, когда давление газа в цилиндре составляет $P = 300...500$ кПа. Под действием такого давления основная масса (60...70 %) отработавших газов успевает удалиться из цилиндра до того, как поршень дойдет до НМТ. Закрытие выпускного клапана происходит с запаздыванием на угол $\delta = 5...45^\circ$ после ВМТ, что обеспечивает лучшую очистку камеры сгорания от отработавших газов (рис. 3.5).

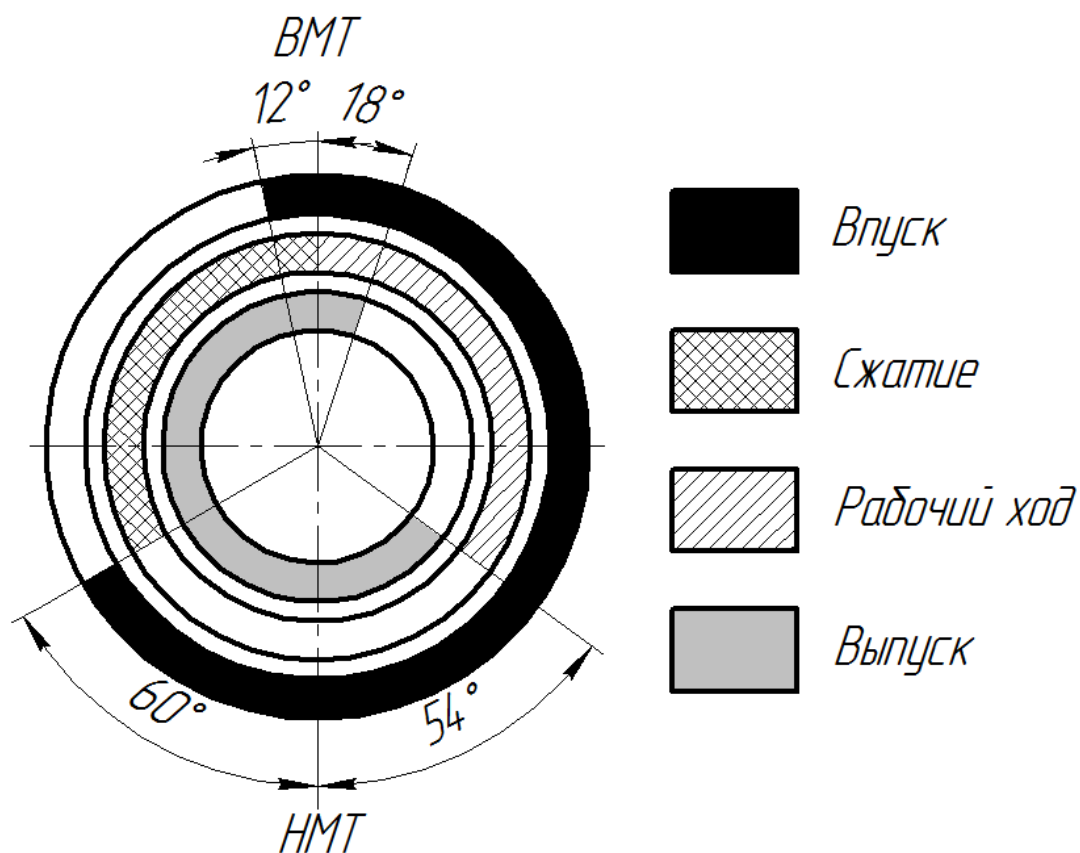


Рисунок 3.5 – Фазы газораспределения двигателя 3М3-4025 автомобиля ГАЗ-33021 «Газель»

При положении поршня, близком к ВМТ, в конце такта выпуска в течение некоторого времени впускной и выпускной клапаны находятся в открытом состоянии. Такое явление называется перекрытием клапанов. Вследствие кратковременности перекрытия и малых проходных сечений впускного клапана отработавшие газы во впускной трубопровод не проникают. Наоборот, в результате значительной инерции потока отработавших газов наблюдается эжектирование свежей смеси в цилиндры, следовательно, улучшается их наполнение.

В конструкциях современных ГРМ широко применяются различные механизмы регулирования фаз газораспределения. Это достигается за счет изменения моментов открытия/закрытия клапанов и/или регулирования высоты подъема клапанов. Таким образом обеспечивается существенное улучшение газообмена цилиндров в широком диапазоне оборотов.

Различные автопроизводители используют для этих систем такие названия, как VANOS, VTEC, CVVT, VVT-i и др.

3.3. Описание лабораторного оборудования

Лабораторное оборудование состоит из макета ДВС модели МеМЗ-245, ЗМЗ-402 установленных на поворотных стендах; поворотного стенда с головками блоков цилиндров двигателя ВАЗ-2101 и «Фольксваген Гольф» (рис. 3.6), приспособлений, комплекта слесарного инструмента для разборки и сборки ГРМ и измерительного инструмента для определения геометрических параметров.

Стенд представляет собой сварную раму 1 (рис. 3.6). К раме в качестве столешницы прикручен лист металла 2. На раме закреплены четыре кронштейна 3, с осями 4. Головки блока цилиндров 9 крепятся к осям болтами 6 с гайками 5. Благодаря тому, что кронштейны вынесены вперед, головки цилиндров можно поворачивать на 360 градусов, фиксируя в определенных положениях стопорами 7. Для удобства выполнения различных операций к листу 2 прикручены слесарные тиски 8.

На стенде закрепляется сразу две головки цилиндров, что позволяет выполнять студентам лабораторную работу параллельно, не мешая друг другу.

3.4. Порядок проведения практической части работы

- 1) Убедиться в надежности крепления двигателя или головок блока цилиндров на стенде и наличия необходимых приспособлений и инструментов.
- 2) Снять клапанную крышку и определить расположение клапанов.
- 3) Снять коромысла и измерить плечи коромысел впускного и выпускного клапанов.

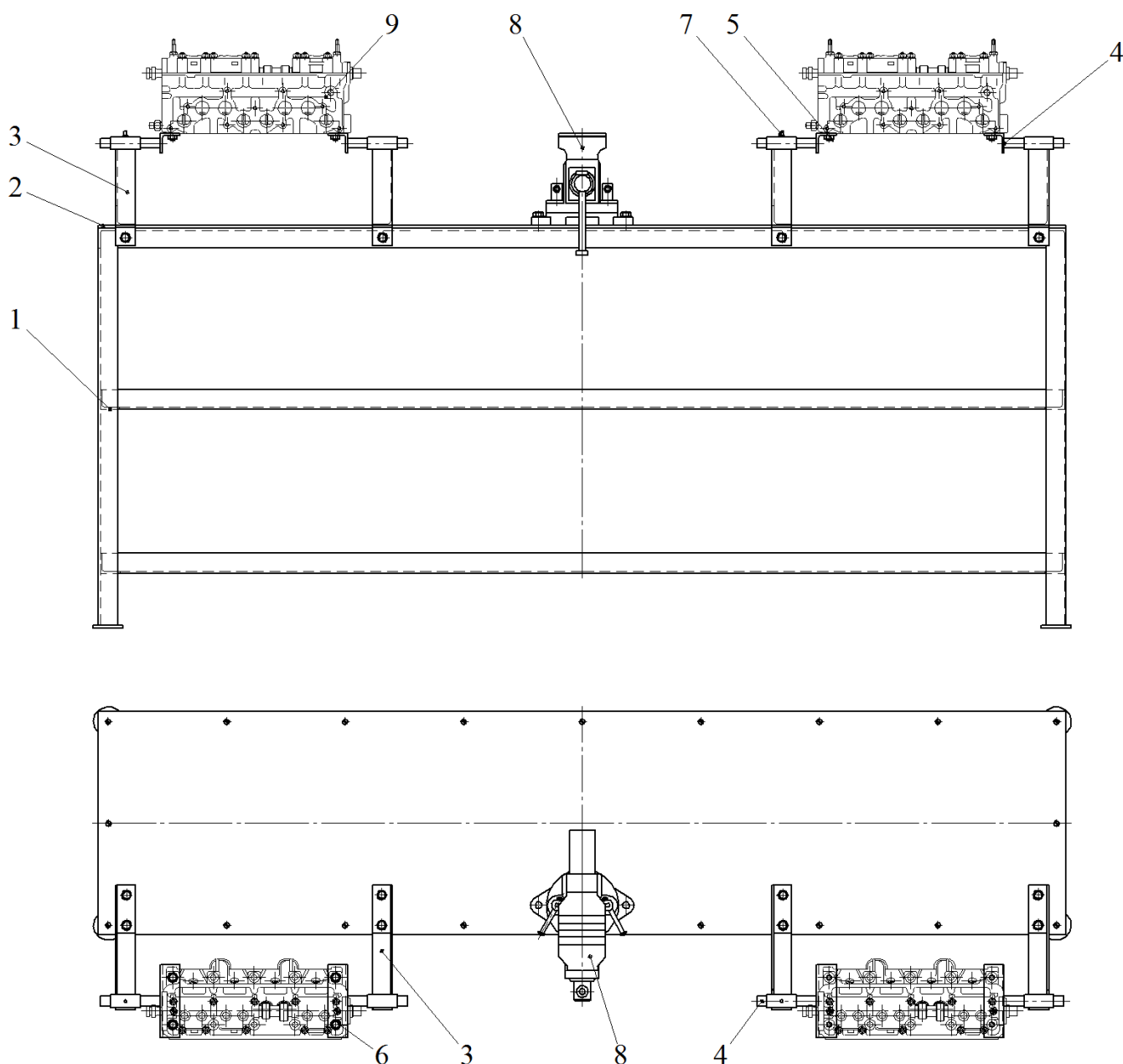


Рисунок 3.6 – Общий вид стенда:

1 – рама; 2 – столешница; 3 – кронштейн; 4 – ось; 5 – гайки; 6 – болты;
7 – стопор; 8 – слесарные тиски; 9 – головка блока цилиндров

4) Освободить клапанные пружины (демонтировать впускной и выпускной клапаны), изучить способ фиксации пружин и механизм вращения клапанов. Измерить диаметры тарелок и углы рабочих фасок впускного и выпускного клапанов. Определить тип клапана и меры, уменьшающие аэродинамическое сопротивление течению газовой смеси.

5) Снять толкатели, определить их тип, способ вращения и изучить их конструкцию.

6) Освободить распределительный вал от продольной фиксации и снять его.

Изучить конструкцию распределительного вала (количество опорных

шеек, элементы привода вспомогательных механизмов), измерить диаметры опорных шеек.

1) Изучить конструкцию привода механизма газораспределения (тип привода, передаточное число, мероприятия по снижению шума). Обратить внимание на установочные метки шестерни (звездочек).

2) Результаты измерений и наблюдений занести в таблицу 3.1.

9) Собрать и отрегулировать механизм газораспределения на стенде.

10) Снять диаграмму подъема выпускного и впускного клапанов $h=f(\alpha)$.

Для этого установить поршень в ВМТ в конце такта сжатия, совместить "нуль" лимба со стрелкой, медленно поворачивая рукоятку коленчатого вала, и фиксировать через $2...10^0$ подъем впускного и выпускного клапанов. Подъем клапана измерить штангенциркулем, а угол поворота коленчатого вала - по лимбу. Результаты измерения занести в таблицу 3.2.

11) По данным таблицы 3.2 построить график подъема впускного и выпускного клапанов по углу поворота коленчатого вала: $h_k=f(\alpha)$.

12) После проверки полученных результатов собрать двигатель и головку блока цилиндров, привести в порядок рабочее место, сдать инструмент инженеру.

3.5. Порядок проведения теоретических расчетов

При проведении лабораторной работы на основании справочных и полученных (измерением) данных рассчитываются следующие параметры газораспределительного механизма:

1) Передаточное число коромысла:

$$i_k = \frac{l_k}{l_T}, \quad (3.1)$$

где l_k , l_T – плечо коромысла соответственно клапана и толкателя, м.

2) Максимальное перемещение клапана, м:

$$h_k = h_T i_k, \quad (3.2)$$

где h_T – перемещение толкателя, определяемое по профилю кулачка распределительного вала (измерением), м.

3) Максимальная высота подъема толкателя, м:

$$h_T = H - r_H - \Delta h, \quad (3.3)$$

где H – высота кулачка, м;

r_H – радиус начальной окружности, м;

Δh – тепловой зазор между стержнями клапана и толкателем (коромыслом), м.

Результаты вычислений занести в таблицу 3.1.

3.6. Содержание отчета

- 1) Титульный лист.
- 2) Цели и задачи.
- 3) Краткие теоретические сведения.
- 4) Схема лабораторной установки.
- 5) Расчеты по лабораторной работе.
- 6) Выполнение индивидуального задания (таблица 3.1)
- 7) Результаты измерений (таблица 3.2).
- 8) График открытия/закрытия клапанов.
- 9) Выводы.

Таблица 3.1 – Основные параметры ГРМ двигателя, выбранного на основе индивидуального задания

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
Тип механизма газораспределения	-	
Тип клапана:	-	
впускного	-	
выпускного	-	
Геометрические параметры впускного клапана:	-	
диаметр тарелки α_{mk}	м	
угол фаски тарелки d_ϕ	град	
Геометрические параметры выпускного клапана:	-	
диаметр тарелки α_{mk}	м	
угол фаски тарелки d_ϕ	град	
Размер зазора между толкателем и стержнем клапана	м	
впускного, Δh_1	-	
выпускного, Δh	-	
Способ регулировки теплового зазора	-	
Способ крепления пружин на стержне клапана	-	
Меры, уменьшающие аэродинамическое сопротивление	-	
Тип толкателя	-	
Способ установки толкателя	-	
Способ вращения толкателя	-	
Распределительный вал:	-	
количество опорных шеек	-	
диаметры опорных шеек, $d_{01}, d_{02}, \dots, d_{0n}$	м	
способ фиксации от осевого смещения	-	
элементы привода вспомогательных механизмов	-	
Передаточное число коромысла, i_k	-	
Максимальная высота подъема толкателя, h_m	м	

Продолжение таблицы 3.1

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
Максимальная высота подъема клапана	м	
впускного, h_{kl}	-	
выпускного, h_{kl}	-	
Начало открытия клапана	град	
впускного до ВМТ, α	-	
выпускного до НМТ, γ	-	
Конец закрытия клапана	град	
впускного после НМТ, β	-	
выпускного после НМТ, δ	-	
Продолжительность открытого состояния клапана	град	
впускного, $\theta_{вп}$	-	
выпускного, $\theta_{вып}$	-	
Перекрытие клапанов θ	град	
Привод механизма газораспределения:	-	
тип	-	
передаточное число, i_m	-	
мероприятия, повышающие бесшумность работы	-	

Таблица 3.2 – Параметры высоты подъема клапана

№ исп.	Угол поворота коленчатого вала, град	Высота подъема клапана, мм	
		Впускного	Выпускного
1	0		
2	10		
3	20		
...	...		
...	...		
72	710		

3.7. Контрольные вопросы

- 1) Типы механизмов газораспределения.
- 2) Достоинства и недостатки механизма газораспределения с верхним и нижним расположением клапанов.
- 3) Влияние фаз газораспределения на мощность и экономичность двигателя.
- 4) Как влияют детали на конструкцию механизма газораспределения?
- 5) Чем отличаются условия работы выпускных клапанов от впускных?
- 6) Достоинства применения поворота клапанов.
- 7) Как повышается износо- и жаростойкость деталей механизма газораспределения?
- 8) Каково назначение зазоров в механизме газораспределения?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: закрепить знания по устройству и конструкции двухтактных двигателей внутреннего сгорания, оценить влияние геометрических и эксплуатационных параметров на работу двухтактного двигателя.

Задачи работы: изучение конструкции двухтактного двигателя и определение его основных параметров, технической характеристики.

В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе и ее выполнения студент должен:

- знать тенденции конструирования автомобильных двигателей; основные типы современных отечественных и зарубежных автотракторных двигателей и особенности их компоновки; требования стандартов, предъявляемые к современным двигателям; энергетические, экономические, экологические показатели автомобильных и тракторных двигателей;
- уметь самостоятельно оценивать технический уровень конструкции автомобильных и тракторных двигателей;
- приобрести практические навыки самостоятельного определения технической характеристики двухтактных автомобильных и тракторных двигателей;
- анализировать оценки технического уровня двухтактных двигателей.

4.1. Теоретический раздел

4.1.1. Общие теоретические сведения

Двухтактный двигатель – поршневой ДВС, в котором рабочий процесс в каждом цилиндре совершается за один оборот коленчатого вала, то есть за два хода поршня. Такты сжатия и рабочего хода в двухтактном двигателе происходят так же, как и в четырехтактном, но процессы очистки и наполнения цилиндра совмещены и осуществляются не в рамках отдельных тактов, а за короткое время, когда поршень находится вблизи нижней мёртвой точки.

В связи с тем, что в двухтактном двигателе, при равном количестве цилиндров и числе оборотов коленчатого вала, рабочие ходы происходят вдвое чаще, литровая мощность двухтактных двигателей выше, чем четырёхтактных только в 1,6...1,8 раза, так как часть полезного хода поршня занимает продувка – процесс газообмена, совмещающий впуск и выхлоп, а сам газообмен менее совершенен, чем у четырехтактных двигателей.

В отличие от четырёхтактных двигателей, где вытеснение отработавших газов и всасывание свежей смеси осуществляется самим поршнем, в совершенных двухтактных двигателях газообмен выполняется за счет подачи в цилиндр рабочей смеси или воздуха (в дизелях) под давлением, создаваемым

специальным продувочным насосом – воздуходувкой, а сам процесс газообмена получил название – продувка. В процессе продувки свежий воздух (смесь) вытесняет продукты горения из цилиндра в выпускные каналы, занимая их место. При этом часть свежего заряда тоже оказывается в выхлопных каналах, что ухудшает экономичность двухтактного двигателя с искровым зажиганием, выбрасывающего несгоревшую смесь.

В упрощённых двухтактных двигателях продувка осуществляется за счет вытеснения свежего заряда поршнем из кривошипной камеры в рабочую полость цилиндра. Такая продувка называется кривошипно-камерной (и чаще всего бывает контурной или дефлекторной). Для ее осуществления необходимо, чтобы полость кривошипа конкретного цилиндра была герметична и, по возможности, чтобы коленчатый вал занимал, возможно, больший объем и был обтекаем, чтобы как можно меньше влиять на газодинамику. Таким образом, в многоцилиндровых двигателях камеры кривошипов отдельных цилиндров отделены одна от другой, а сам коленчатый вал имеет довольно сложную конструкцию. При перемещениях горючей смеси по камерам и каналам происходит ее расслоение, выпадение капельной фракции топлива на стенки элементов конструкции. Внедрение на двухтактных двигателях системы впрыска топлива позволяет осуществлять продувку чистым воздухом, а начало впрыска после закрытия выхлопных каналов делает потери топлива невозможными.

По способу организации движения потоков продувочного воздуха (смеси) различают двухтактные двигатели с контурной и прямоточной продувкой. При прямоточной продувке газы продуваются вдоль оси цилиндра в одном направлении, при контурной поток газов направлен по контуру цилиндра сначала от поршня к головке, потом в противоположном направлении (рис. 4.1).

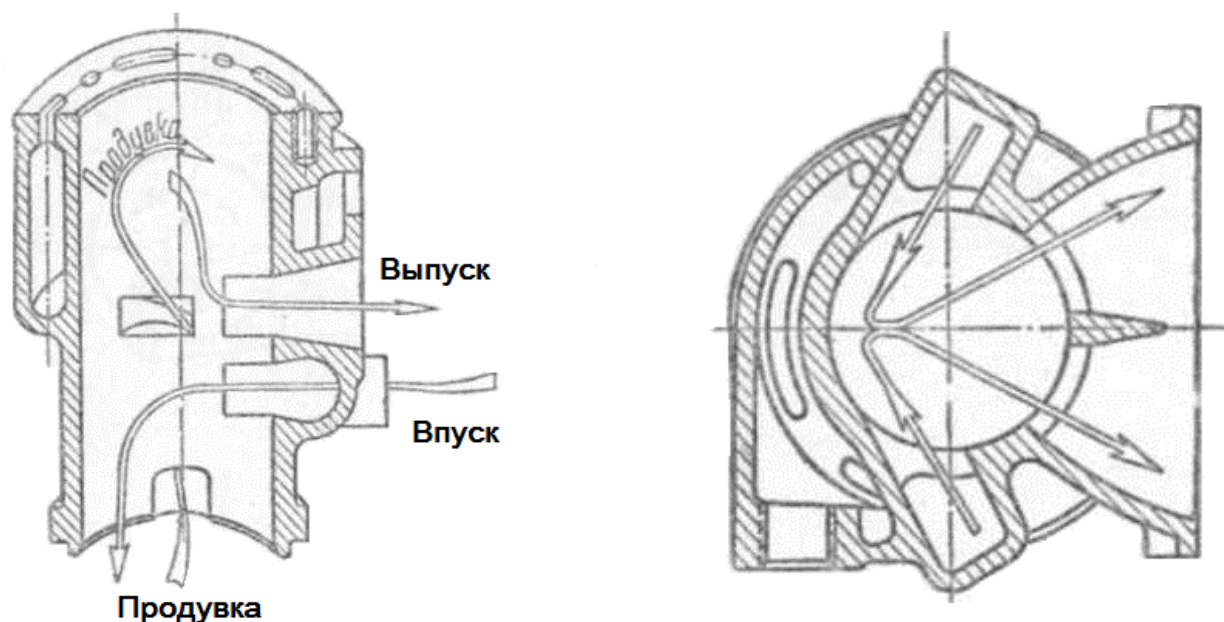


Рисунок 4.1 – Схема движения потока смеси и отработанных газов в цилиндре при двухканальной продувке

При контурной продувке поток воздуха (смеси) движется вдоль внутренней поверхности цилиндра и его головки, повторяя их контур. Так как воздух (смесь) в цилиндре чаще всего описывает петлю, такой тип продувки называется еще возвратно-петлевой или просто петлевой продувкой. Впускные и выпускные окна расположены в нижней части цилиндра. Направление потока воздуха (смеси) по контуру цилиндра может задаваться специальными дефлекторами на днище поршня и в головке цилиндра (в этом случае продувка называется дефлекторной) или специальной формой продувочных каналов, направляющих поток воздуха (смеси) к головке цилиндра, и сферической формой камеры сгорания. Часто для улучшения опорожнения цилиндра используется принцип Каденасси — аэродинамическая и акустическая настройка трактов. Сложная форма камеры сгорания при дефлекторной продувке ухудшает параметры рабочего процесса и повышает склонность бензиновых двигателей к детонации, а дизельных — к дымлению, что препятствует форсированию и повышению экономичности двигателей, поршень с толстым дном склонен к перегреву. В связи с этим дефлекторная продувка в современных двухтактных двигателях не применяется. По состоянию на начало 2000-х годов с дефлекторной продувкой выпускались лишь двигатели недорогих лодочных моторов.

К недостаткам контурной продувки вообще следует отнести симметричность открытия и закрытия продувочных и выпускных окон относительно мертвых точек. Дело в том, что выпуск должен начинаться раньше впуска, чтобы часть отработавших газов вытекла из цилиндра и давление в нем стало меньше давления воздуха/смеси на впуске (иначе продувка будет невозможна). Угол поворота коленчатого вала от начала открытия выпускного окна до начала открытия продувочного окна называется углом предварения выпуска. Для лучшей продувки этот угол необходимо увеличить. По окончании продувки выпускное окно желательно закрыть раньше продувочного — тогда произойдет дозарядка цилиндра с предварительным сжатием воздуха/смеси, что позволит повысить мощность, а в бензиновых двигателях уменьшить потери свежей смеси. Но при управлении открытием и закрытием всех окон одним и тем же поршнем это сделать невозможно — моменты открытия и закрытия окон симметричны относительно мертвых точек — выпускное окно закрывается позже продувочного. При начале сжатия через это окно теряется часть воздуха/смеси. Для сокращения потерь следует уменьшить угол запаздывания закрытия выпускного окна. Но он равен углу предварения выпуска, который следует увеличить. Это заставляет идти на компромисс при проектировании двигателей или применять особые конструктивные решения, вроде введения распределительных гильз или золотниковых механизмов.

Кроме того, при контурной продувке в цилиндре всегда имеются застойные (непродуваемые) зоны, что ухудшает технико-экономические характеристики двигателя.

Для устранения обоих названных недостатков на некоторых двигателях

используется П-образная (Л-образная) продувка. При этом варианте при одном кривошипе имеются два цилиндра, установленные параллельно и имеющие общую камеру сгорания. Впускные и выхлопные каналы расположены отдельно, один шатун прицепной, причем кривошипный палец его шатуна намеренно относится в сторону от оси симметрии цилиндра. За счет несимметричности ходов прицепного и основного поршней достигается, во-первых, несимметричность фаз газораспределения – выхлоп опережает впуск при рабочем ходе и раньше закрывается при сжатии, что позволяет ввести эффективный наддув. Во-вторых, за счет разделения объема цилиндра пополам и физического разнесения впускных и выхлопных окон облегчается и улучшается собственно продувка, приближаясь по качеству газообмена к прямоточной («Звезда-НАМИ»).

Ранние конструкции двухтактных дизелей имели вариант продувки с расположением продувочных окон в два ряда, причем внизу располагались впускные окна, а вверху выхлопные. При определенном расположении впускных каналов удавалось продуть центральную, традиционно застойную зону цилиндра. Однако, при таком расположении продувочных элементов, во-первых, терялось много воздуха, во-вторых, было невозможно обеспечить наддув.

Простота реализации контурной продувки (особенно при использовании подпоршневого пространства в качестве продувочного насоса) и дешевизна обеспечили очень широкую распространенность таких двигателей на недорогих и легких устройствах. Их устанавливают на мопедах, мотоциклах, мотодельтапланах, мотопилах, газонокосилках, моторных лодках, используют в качестве пусковых двигателей, то есть там, где небольшая мощность делает относительно малозаметными дополнительные потери и играют существенную роль дешевизна и доступность конструкции.

Существенно улучшить экономичность двухтактных двигателей с контурной продувкой позволяет применение системы впрыска топлива вместо карбюратора. Последние образцы мотоциклетных двухтактных двигателей с впрыском на 50 % экономичней карбюраторных, значительно превосходя при этом четырёхтактные моторы в литровой мощности.

Двухтактные бензиновые двигатели применялись также на ряде автомобилей, например на DKW, Saab, Trabant, Wartburg, Barkas в Европе, Suzuki Jimny в Японии.

При прямоточной продувке поток воздуха (смеси) движется, не меняя направления, вдоль оси цилиндра. Продувка обеспечивается либо использованием выхлопных клапанов (двигатели 14Д40, 11Д45А, ЯАЗ-204,-206), либо дополнительного ряда поршней, управляющих выхлопом (двигатель с противоположно-движущимися поршнями, напр. семейство Д100); в обоих случаях впускные окна открываются и закрываются поршнем.

При прямоточной продувке качество очистки цилиндра от остаточных газов выше, чем при контурной. Кроме того, поскольку открытие (и закрытие) впускных и продувочных органов осуществляется различными элементами

двигателя, не представляет затруднений оптимизация фаз газораспределения. Как правило, в двигателях с прямоточной продувкой выпускной клапан (выпускные окна) закрывается раньше впускных, что исключает потерю свежего заряда и позволяет осуществлять дозарядку цилиндра под давлением, то есть наддув.

Двигатели с прямоточной продувкой по сложности порой превосходят четырёхтактные, но имеют большую литровую мощность. Их особенно выгодно применять в тех случаях, когда четырёхтактный двигатель близких размеров не может быть форсирован до необходимой мощности за счёт повышения числа оборотов, то есть на средних и тяжелых судах, где двигатель непосредственно вращает гребной вал с винтом регулируемого шага при оборотах 100...300 об/мин.

В советском автомобилестроении двухтактные четырёхцилиндровые дизельные двигатели ЯАЗ-204 устанавливались на автомобили семейства МАЗ-200, а двухтактные шестицилиндровые ЯАЗ-206 — на трёхосные грузовики семейства КраЗ-214, применялись они также на военной технике (плавающий транспортёр К-61, артиллерийский тягач АТ-Л, самоходная артиллерийская установка АСУ-85) и на автобусах.

При прочих равных условиях двухтактные дизельные двигатели с прямоточной продувкой обеспечивают наибольшую мощность при наивысшем КПД. КПД крупных малооборотных дизелей приближается к 50 %.

Для того чтобы осуществить продувку, необходимо сжать воздух (смесь) до подачи её в цилиндр двухтактного двигателя. Это осуществляется продувочным насосом.

На малогабаритных бензиновых двухтактных двигателях роль продувочного насоса выполняет подпоршневое пространство – кривошипная камера. Такая конструкция не требует отдельного продувочного агрегата, что обусловило ее преимущественное распространение на упрощенных маломощных ДВС. Однако, во-первых, использование картера двигателя в качестве продувочного насоса не позволяет разместить в картере масляную ванну. Для смазки такого ДВС приходится подмешивать масло в топливо, что обуславливает значительный расход масла, дымный выхлоп, образование нагара в цилиндре и неудобство заправки (сначала нужно приготовить бензо-масляную смесь, прямо в баке смешивать масло и бензин нежелательно из-за весового расслоения). Во-вторых, в многоцилиндровых двигателях приходится отделять кривошипные камеры друг от друга, что требует применения разборного коленчатого вала (как следствие, существенная потеря жесткости вала по сравнению с цельным) и сложных уплотнительных устройств. Степень сжатия воздуха (смеси) в кривошипной камере невелика, что не позволяет получить существенное давление продувочного воздуха (приходится увеличивать длительность фазы продувки, это вынуждает снижать эффективный рабочий объем).

На крупных многоцилиндровых двухтактных двигателях продувочный воздух сжимается в отдельном компрессоре, что практически полностью устраняет указанные выше недостатки.

Двухтактные двигатели с искровым зажиганием системы смазки не имеют. Смазывание производится маслом, растворённым в бензине. При движении смеси в картере она частично расслаивается, и масло в виде капель оседает на деталях двигателя. Соотношение масло/бензин составляет, как правило, от 1:20 до 1:50 в зависимости от типа масла.

В ряде случаев в более дорогих двигателях (Honda, Suzuki, Ява-Ойлмастер) применяется раздельная подача масла и бензина в двигатель, но все равно подача масла к парам трения происходит за счёт осаждения из горючей смеси. Масло подаётся масляным насосом или самотёком. При любом способе подачи масло, попадающее в двигатель как элемент рабочей смеси, частично сгорает.

Система смазки двухтактных дизельных двигателей не отличается от аналогичной системы четырёхтактных двигателей. Двигатели до 450...500 л. с. имеют, как правило, систему с масляным картером, на более мощных используется система смазки с сухим картером. Масло подаётся к парам трения насосами, как правило, шестерёнчатыми или коловратными, проходит через систему фильтров, охлаждается водомасляными теплообменниками или масляными радиаторами. Как правило, средние и тяжелые двухтактные двигатели в обязательном порядке имеют систему масляного охлаждения поршней.

Двухтактные двигатели с искровым зажиганием имеют перед четырёхтактными следующие преимущества:

- проще по устройству благодаря отсутствию распределительного механизма и системы смазки;
- мощность их при одинаковом числе и размерах цилиндров на 60...70% выше, чем у четырёхтактных двигателей, вследствие того что из каждых двух ходов поршня один является рабочим;
- валы таких двигателей имеют большую равномерность вращения, так как сила, вращающая вал, действует в два раза чаще;
- быстрота набора оборотов за счет малой массы КШМ и отсутствия ГРМ;

Недостатки двухтактных двигателей таковы:

- при продувке часть горючей смеси уходит с отработавшими газами в выпускное окно, это значительно повышает расход топлива и ухудшает экологические показатели;
- двигатель работает в напряженном тепловом режиме, так как процесс сгорания топлива в цилиндре повторяется чаще, чем у четырёхтактного двигателя.
- требуется особенно интенсивное охлаждение;
- недостаточно высокий КПД, часть отработанных газов остается в цилиндре.

Поэтому двухтактные ДВС с искровым зажиганием применяются там, где необходимо иметь большую мощность при малых размерах и весе и где экономичность не имеет первостепенного значения (например, в качестве пусковых двигателей тракторных дизелей).

4.1.2. Принцип работы двухтактного двигателя

4.1.2.1. Принцип работы бензинового двухтактного двигателя

Схема устройства и работы двухтактного карбюраторного двигателя изображена на рисунке 4.2.

Основные части двигателя:

- цилиндр (5)
- кривошипная камера (4)
- кривошипно-шатунный механизм (6)
- системы питания и зажигания.

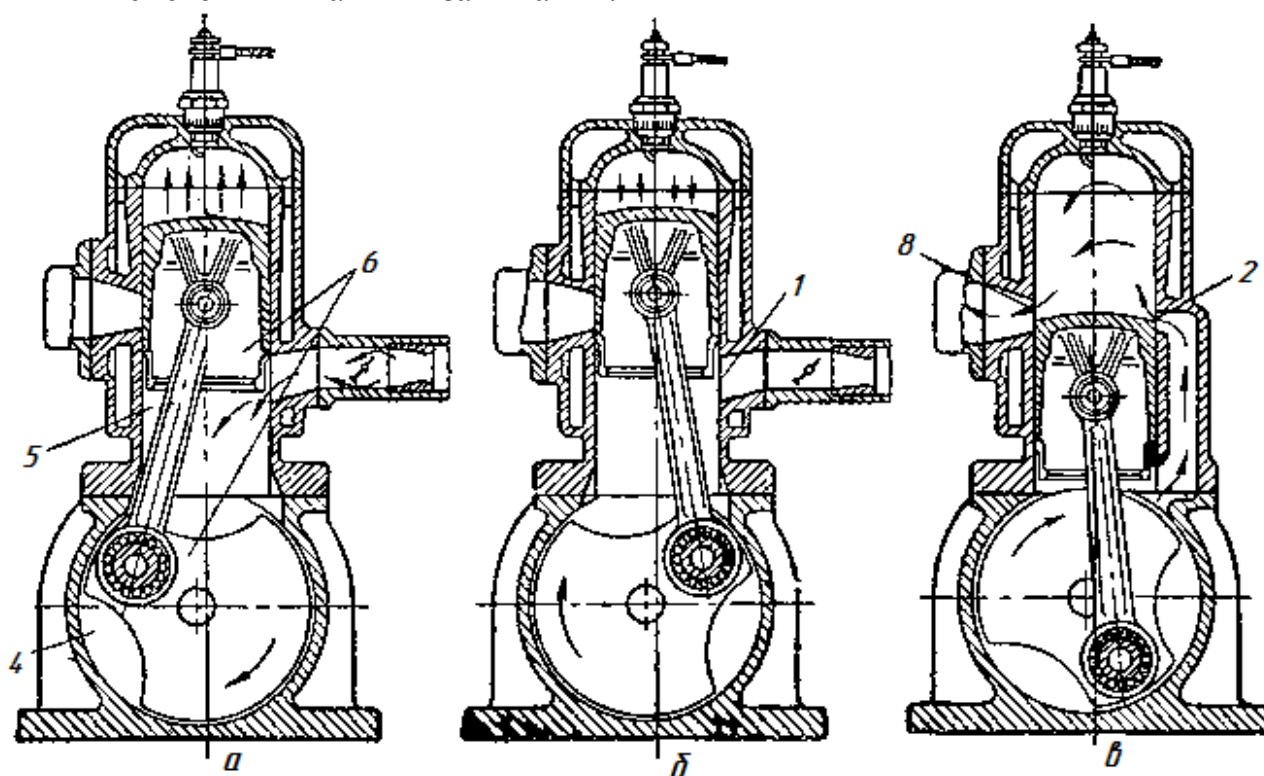


Рисунок 4.2 – Схема устройства и работы двухтактного ДВС с искровым зажиганием:

а – сжатие смеси в цилиндре и наполнение кривошипной камеры; б – рабочий ход и сжатие смеси в кривошипной камере; в – выпуск отработавших газов и продувка цилиндра;

1 – впускное окно; 2 – продувочное окно; 3 – выпускное окно; 4 – кривошипная камера;

5 – цилиндр; 6 – кривошипно-шатунный механизм

В цилиндре двигателя имеются три окна, которые предназначены для той же цели, что и клапанные отверстия в четырехтактном двигателе. Через нижнее впускное окно 1 горючая смесь поступает в кривошипную камеру, через среднее продувочное окно 2 она попадает в цилиндр, верхнее выпускное окно 3

служит для выпуска отработавших газов. Роль впускного и выпускного клапанов играет поршень.

При движении поршня вверх (рис. 4.2, а) в герметически закрытой кривошипной камере создается разрежение. Горючая смесь, приготовленная в карбюраторе, через впускное окно 1 поступает в кривошипную камеру. Одновременно в цилиндре сжимается ранее поступившая смесь. Степень сжатия может составлять 5...10.

В конце сжатия топливо воспламеняется электрической искрой, и до прихода поршня в ВМТ происходит скрытое сгорание, при котором давление возрастает незначительно. К моменту прихода поршня в ВМТ сгорание становится интенсивным, вследствие чего давление возрастает до 1,8...2,0 МПа.

Под давлением газов поршень движется вниз, совершая рабочий ход (рис. 4.2, б). В конце рабочего хода открывается выпускное окно 3, отработавшие газы начинают выходить из цилиндра в выпускной трубопровод. Вслед за выпускным окном открывается продувочное 2, через него поршень нагнетает из кривошипной камеры в цилиндр свежую горючую смесь, вытесняя из него отработавшие газы. Происходит продувка и одновременно наполнение цилиндра свежей горючей смесью.

При дальнейшем движении поршня после перехода им НМТ закрывается продувочное, а затем, и выпускное окна, свежая порция смеси в цилиндре начинает сжиматься, а в кривошипную камеру снова поступает через открывшееся впускное окно горючая смесь. Таким образом, за два такта совершается полный рабочий процесс.

4.1.2.2. Принцип работы дизельного двухтактного двигателя

Рабочий цикл двухтактного дизельного двигателя (рис. 4.3) отличается от рабочего цикла двухтактного карбюраторного двигателя тем, что у дизеля в цилиндр поступает воздух, а не горючая смесь, и в конце процесса сжатия впрыскивается мелкораспыленное топливо.

Мощность двухтактного двигателя при одинаковых размерах цилиндра и частоте вращения вала теоретически в два раза больше четырехтактного за счет большего числа рабочих циклов. Однако неполное использование хода поршня для расширения, худшее освобождение цилиндра от остаточных газов и затраты части вырабатываемой мощности на привод продувочного компрессора приводят практически к увеличению мощности только на 60...70 %.

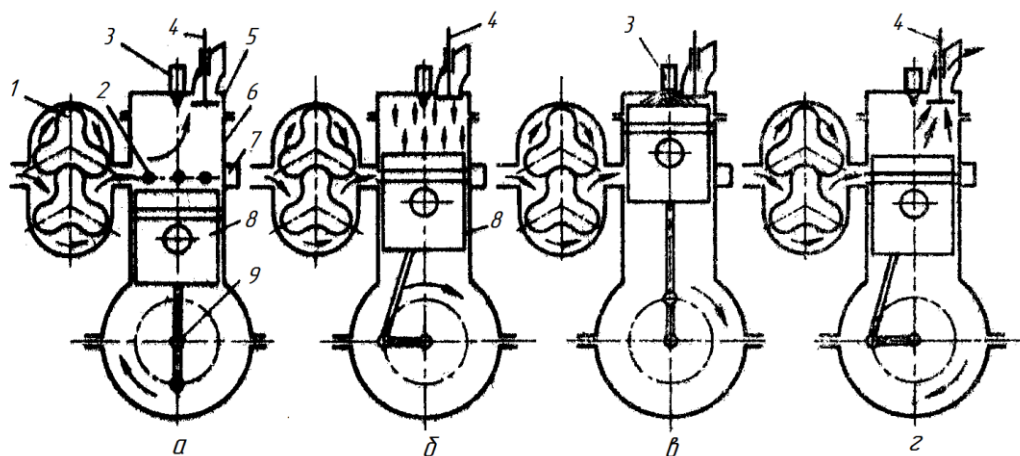


Рисунок 4.3 – Схема рабочего цикла двухтактного дизельного двигателя:
 а – продувка цилиндра от отработавших газов и наполнение его воздухом;
 б – сжатие воздуха; в – начало рабочего хода; г – выпуск отработавших газов;
 1 – воздушный компрессор; 2 – окна в цилиндре; 3 – насос форсунка; 4 – выпускной канал;
 5 – головка блока; 6 – цилиндр; 7 – воздушная камера; 8 – поршень; 9 – коленчатый вал

4.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная установка состоит из основания и разрезной модели двухтактного карбюраторного двигателя мод. 634-01 (рис. 4.4) устанавливаемого на мотоцикле Ява 350.

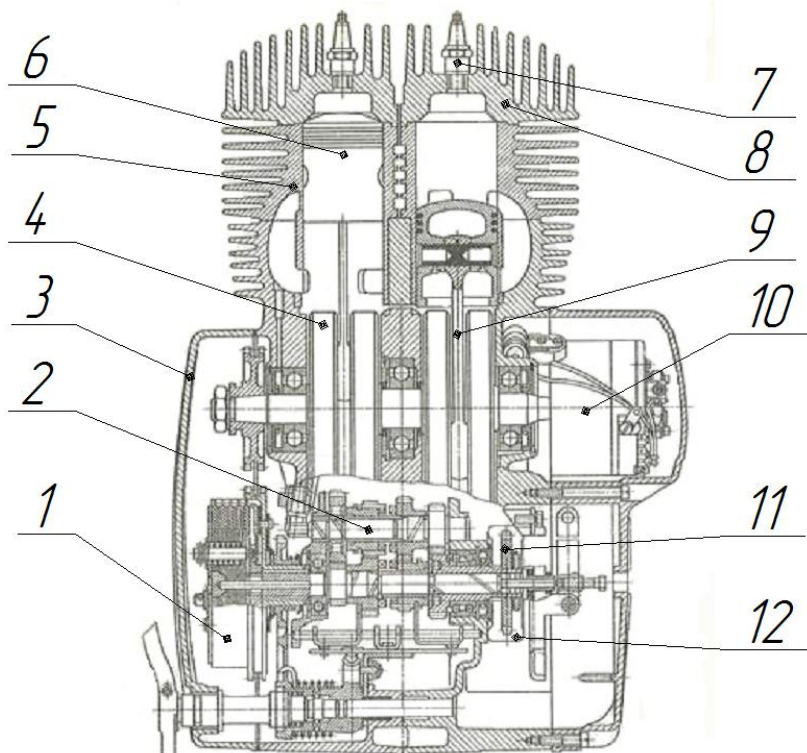


Рисунок 4.4 – Поперечный разрез двигателя модели 634-01:
 1 – муфта сцепления; 2 – коробка перемены передач; 3 – картер двигателя;
 4 – коленчатый вал; 5 – цилиндр; 6 – поршень; 7 – свеча зажигания; 8 – крышка цилиндра;
 9 – шатун; 10 – генератор; 11 – звездочка привода заднего колеса; 12 – кожух цепи

Основная техническая характеристика двигателя представлена в таблице В1 (приложение В).

Установка располагается на лабораторном столе.

Для частичной разборки двигателя применяется набор гаечных ключей. Измерения проводятся с помощью электронного штангенциркуля и нутромера.

4.3. Порядок проведения практической части работы

1) Проверить комплектность двигателя, наличие и исправность необходимого инструмента и приспособлений.

2) Убедиться в надёжной фиксации разрезной модели двигателя.

3) Ознакомиться с устройством двигателя и определить его основные параметры.

4) Измерить основные параметры двигателя:

- диаметр цилиндра;

- ход поршня;

- расстояние от НМТ до точки закрытия выпускного окна поршнем.

5) После проверки преподавателем полученных данных привести в порядок рабочее место, сдать двигатель и инструмент инженеру.

4.4. Порядок проведения теоретических расчетов

При проведении лабораторной работы на основании справочных данных и измерений рассчитать следующие параметры двигателя.

1) Полезный рабочий объем, дм^3 :

$$V_h = V_h' - V_n, \quad (4.1)$$

где V_h' – полный рабочий объем, дм^3 ;

V_n – потерянный рабочий объем, дм^3 .

2) Полный рабочий объем, дм^3 :

$$V_h' = S \cdot F = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (4.2)$$

где S – ход поршня, дм ;

F – площадь поршня, дм^2 ;

D – диаметр цилиндра, дм .

3) Потерянный рабочий объем, дм^3 :

$$V_n = S_n \cdot F = S_n \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (4.3)$$

где S_n – расстояние от НМТ до точки закрытия выпускного окна поршнем, дм.

4) Потерянная доля хода поршня, дм:

$$\psi = \frac{V_n}{V_h'} \quad (4.4)$$

5) Объем камеры сгорания, дм³:

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}, \quad (4.5)$$

где ε – действительная степень сжатия (приложение В).

6) Геометрическая (условная) степень сжатия:

$$\varepsilon' = \frac{V_h'}{V_c} + 1 = \frac{\varepsilon - \psi}{1 - \psi} \quad (4.6)$$

7) Объемная мощность двигателя, кВт/дм³:

$$N_g = \frac{N_{e \max}}{V_h'}, \quad (4.7)$$

где $N_{e \max}$ – максимальная мощность двигателя, кВт;

8) Поршневая мощность, кВт:

$$N_{II} = \frac{N_{e \max}}{i}, \quad (4.8)$$

где i – число цилиндров;

Результаты вычислений занести в таблицу 4.2.

4.4. Содержание отчета

- 1) Титульный лист.
- 2) Цели и задачи.
- 3) Краткие теоретические сведения.
- 4) Расчеты по лабораторной работе.
- 5) Схема лабораторной установки.
- 6) Результаты измерений и вычислений (таблица 4.2).
- 7) Выводы.

Таблица 4.2 – Результаты вычислений и измерений

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
Модель двигателя	-	
Тип двигателя	-	
Число цилиндров, i	шт	
Расположение цилиндров	-	
Угол наклона цилиндров	град	
Число окон в цилиндре		
- впускных	шт	
- выпускных	шт	
- перепускных	шт	
Число тактов	шт	
Система газораспределения	-	
Система охлаждения	-	
Диаметр цилиндра, D	дм	
Ход поршня, S	дм	
Расстояние от НМТ до точки закрытия выпускного окна поршнем, S_n	дм	
Полезный рабочий объём цилиндра, V_h	дм ³	
Полный рабочий объём цилиндра, V_h'	дм ³	
Полный объём цилиндра, V_a	дм ³	
Объём камеры сжатия, V_c	дм ³	
Действительная степень сжатия, ε	-	
Геометрическая степень сжатия, ε'	-	
Вид и марка применяемого топлива	-	
Пропорция количества топлива к количеству масла	-	
Число карбюраторов	шт	
Диаметр диффузора карбюратора	мм	
Максимальная мощность, $N_{e\max}$	кВт	
Объемная мощность двигателя, N_q	кВт/дм ³	
Поршневая мощность, N_n	кВт	

4.5. Контрольные вопросы

- 1) Область применения двухтактных двигателей;
- 2) Принцип работы бензинового двухтактного двигателя;
- 3) Принцип работы дизельного двухтактного двигателя;
- 4) Виды (способы) продувки;
- 5) Преимущества и недостатки двухтактных двигателей;
- 6) Отличие действительной степени сжатия от геометрической;
- 7) Что такое потерянная доля хода поршня и потерянный рабочий объём?

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: расширить, углубить и закрепить теоретические знания, полученные студентами при изучении систем охлаждения современных автомобильных поршневых двигателей.

Задачи работы: изучение конструкции и работы, а также определение основных параметров жидкостной системы охлаждения поршневого автомобильного двигателя и ее составных частей.

В результате самостоятельной подготовки к лабораторной работе и ее выполнения студент должен:

- знать назначение, основные типы, конструкцию и принцип работы систем жидкостного охлаждения современных автомобильных и тракторных поршневых двигателей, назначение, типы, конструкцию и принцип действия основных элементов системы охлаждения, требования, предъявляемые к жидкостной системе охлаждения, ее составным частям и охлаждающим жидкостям согласно стандартам, способы регулирования температуры двигателя, а также особенности жидкостных систем охлаждения дизельных двигателей и двигателей с воздушным охлаждением;
- уметь самостоятельно оценивать конструкции системы охлаждения и ее составных частей, применять охлаждающие жидкости в зависимости от времени года, условий эксплуатации автомобилей и конструкции двигателя;
- приобрести практические навыки разборки и сборки составных частей системы охлаждения двигателя, критического анализа и оценки конструкций системы охлаждения и ее составных частей.

5.1. Теоретический раздел

Температура газов в цилиндрах работающего ДВС достигает 1800...2500 °С. Только часть выделенного при этом тепла преобразуется в полезную работу. Оставшаяся часть отводится в окружающую среду системой охлаждения, системой смазки и наружными поверхностями двигателя.

Чрезмерное повышение температуры двигателя приводит к выгоранию смазки, нарушению нормальных зазоров между его деталями вследствие чего является резкое возрастание их износа. Возникает опасность заедания и заклинивания. Перегрев двигателя вызывает уменьшение коэффициента наполнения цилиндров, а в бензиновых двигателях еще и детонационное сгорание рабочей смеси.

Большое снижение температуры работающего двигателя также нежелательно. В переохлажденном двигателе мощность снижается из-за потерь тепла; вязкость смазки увеличивается, что повышает трение; часть горючей смеси конденсируется, смывая смазку со стенок цилиндра, повышая тем самым

износ деталей. В результате образования серных и сернистых соединений стенки цилиндров подвергаются коррозии.

Система охлаждения предназначена для поддержания оптимального теплового режима. Системы охлаждения подразделяются на воздушные и жидкостные. Воздушные в настоящее время на автомобилях встречаются крайне редко. Системы жидкостного охлаждения могут быть открытыми и закрытыми. Открытые системы – системы, сообщающиеся с окружающей средой через пароотводную трубку. Закрытые системы разобщены от окружающей среды, а поэтому давление охлаждающей жидкости (ОЖ) в них выше, что, в свою очередь, допускает нагрев ОЖ до более высоких температур (до 110...120 °С).

По способу циркуляции жидкости системы охлаждения могут быть:

- с принудительной циркуляцией, в которой течение жидкости обеспечивается насосом, расположенным на/в двигателе;
- термосифонными, в которых циркуляция жидкости происходит за счет разницы плотности жидкости, нагретой деталями двигателя и охлажденной в радиаторе. Во время работы двигателя жидкость в рубашке охлаждения нагревается и поднимается в верхнюю ее часть, откуда через патрубок поступает в верхний бачок радиатора. В радиаторе жидкость отдает теплоту воздуху, плотность ее повышается, она опускается вниз и через нижний бачок вновь возвращается в систему охлаждения.
- комбинированными, в которых наиболее нагретые детали (головки блоков цилиндров) охлаждаются принудительно, а блоки цилиндров – по термосифонному принципу.

Наибольшее распространение в автомобильных ДВС получили закрытые жидкостные системы с принудительной циркуляцией ОЖ. В состав таких систем входят: рубашка охлаждения блока и головки цилиндров, радиатор, насос ОЖ, вентилятор, термостат, патрубки, шланги, расширительный бачок. В систему охлаждения также включается радиатор отопителя.

ОЖ, находящаяся в рубашке охлаждения, нагреваясь за счет тепла, выделяемого в цилиндре двигателя, поступает в радиатор, охлаждается в нем и возвращается в рубашку охлаждения. Принудительная циркуляция жидкости в системе обеспечивается насосом, а усиленное охлаждение ее — за счет интенсивного обдува воздухом радиатора. Степень охлаждения регулируется при помощи термостата и путем автоматического включения или выключения вентилятора. Жидкость в систему охлаждения заливают через горловину радиатора или расширительный бачок. Емкость системы охлаждения легкового автомобиля, в зависимости от объема двигателя – от 6 до 12 литров. Сливают ОЖ через пробки, расположенные обычно в блоке цилиндров и нижнем бачке радиатора.

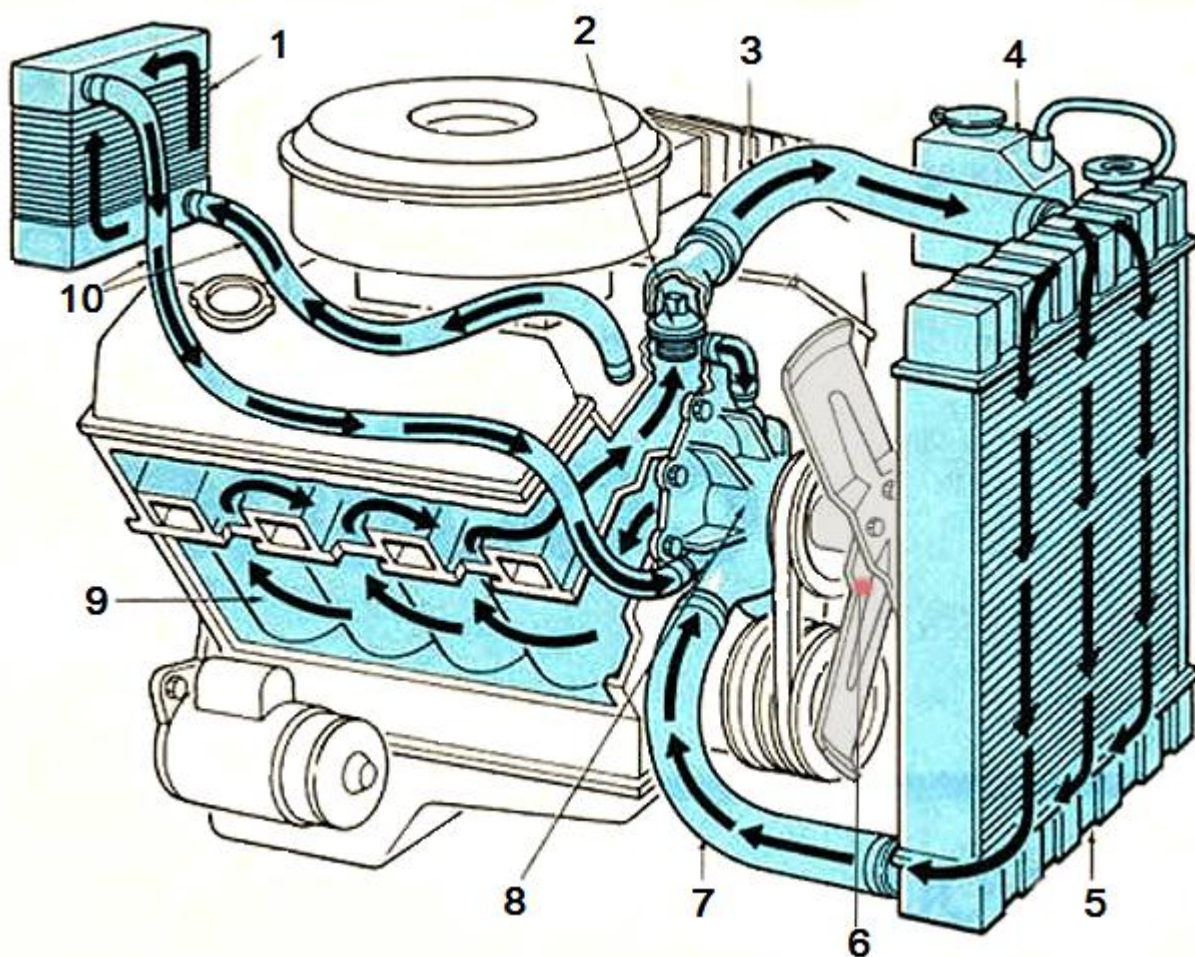


Рисунок 5.1 – Система жидкостного охлаждения двигателя:

- 1 – радиатор отопителя салона; 2 – термостат; 3 – верхний патрубок;
 4 – расширительный бачок; 5 – радиатор; 6 – вентилятор; 7 – нижний патрубок;
 8 – насос охлаждающей жидкости; 9 – «рубашка» охлаждения; 10 – шланги

Радиатор отдает воздуху тепло от ОЖ. Он состоит из сердцевины, верхнего и нижнего бачков и деталей крепления. Для изготовления радиаторов используются медь, алюминий и сплавы на их основе. В зависимости от конструкции сердцевины радиаторы бывают трубчатые, пластинчатые и сотовые. Наибольшее распространение получили трубчатые радиаторы. Сердцевина таких радиаторов состоит из вертикальных трубок овального или круглого сечения, проходящих через ряд тонких горизонтальных пластин и припаянных к верхнему и нижнему бачкам радиатора. Наличие пластин улучшает теплоотдачу и повышает жесткость радиатора. Трубки овального (плоского) сечения предпочтительнее круглых, так как поверхность охлаждения их больше; кроме того, в случае замерзания ОЖ в радиаторе плоские трубки не разрываются, а лишь изменяют форму поперечного сечения.

В пластинчатых радиаторах сердцевина устроена так, что охлаждающая жидкость циркулирует в пространстве, образованном каждой парой спаянных между собой по краям пластин. Верхние и нижние концы пластин, кроме того, впаяны в отверстия верхнего и нижнего резервуаров радиатора. Воздух, охлаждающий радиатор, прокачивается вентилятором через зазоры между

спаянными пластинами. Для увеличения поверхности охлаждения пластины обычно выполняют волнистыми. Пластинчатые радиаторы имеют большую охлаждающую поверхность, чем трубчатые, но вследствие ряда недостатков (быстрое загрязнение, большое количество паяных швов, необходимость более тщательного ухода) применяются реже.

В сердцевине сотового радиатора воздух проходит по горизонтальным, круглого сечения трубкам, омываемым снаружи ОЖ. Чтобы сделать возможной спайку концов трубок, края их развальцовывают так, что в сечении они имеют форму правильного шестиугольника. Достоинством сотовых радиаторов является большая, чем в радиаторах других типов, поверхность охлаждения.

В верхний бачок впаяны заливная горловина, закрываемая пробкой, и патрубков для подсоединения гибкого шланга, подводящего ОЖ к радиатору. Сбоку наливная горловина имеет отверстие для пароотводной трубки. В нижний бачок впаян патрубок отводящего гибкого шланга. Шланги прикреплены к патрубкам стяжными хомутами. Такое соединение допускает относительное смещение двигателя и радиатора. Горловину герметически закрывает пробка, изолирующая систему охлаждения от окружающей среды. Она состоит из корпуса, парового (выпускного) клапана, воздушного (впускного) клапана и запорной пружины. В случае закипания жидкости в системе охлаждения давление пара в радиаторе возрастает. При превышении определенного значения открывается паровой клапан и пар выходит через пароотводную трубку. После остановки двигателя жидкость охлаждается, пар конденсируется и в системе охлаждения создается разрежение. При этом возникает опасность сдавливания трубок радиатора. Для предотвращения этого явления служит воздушный клапан, который, открываясь, пропускает внутрь радиатора воздух.

Для компенсации изменения объема охлаждающей жидкости вследствие изменения температуры в системе устанавливается расширительный бачок. В некоторых радиаторах нет заливной горловины, и заполнение системы охлаждающей жидкостью осуществляется через расширительный бачок. В этом случае паровой и воздушный клапаны располагаются в его пробке. Метки, наносимые на расширительном бачке, позволяют контролировать уровень ОЖ в системе охлаждения. Проверка уровня проводится на холодном двигателе.

Насос ОЖ обеспечивает ее принудительную циркуляцию в системе охлаждения. Насос центробежного типа устанавливается в передней части блока цилиндров и состоит из корпуса, вала с крыльчаткой и манжеты. Корпус и крыльчатку насосов отливают из магниевых, алюминиевых сплавов, крыльчатку, кроме того, — из пластмасс. Привод насоса осуществляется ремнем от шкива коленчатого вала двигателя. Под действием центробежной силы, возникающей при вращении крыльчатки, ОЖ из нижнего бачка радиатора поступает к центру корпуса насоса и отбрасывается к его наружным стенкам. Из отверстия в стенке корпуса насоса ОЖ попадает в отверстие рубашки охлаждения блока цилиндров. Вытеканию ОЖ между корпусом насоса и блоком препятствует прокладка, а в месте выхода вала — манжета.

Для усиления потока воздуха, проходящего через сердцевину радиатора, установлен вентилятор. Его монтируют либо на одном валу с насосом ОЖ, либо отдельно. Он состоит из крыльчатки с лопастями, повернутой к ступице. Для улучшения обдува воздухом двигателя и радиатора на последнем может быть установлен направляющих кожух. Привод вентилятора может осуществляться несколькими способами. В современных ДВС непосредственный механический привод, когда вентилятор жестко закрепляется на одной оси с насосом ОЖ и вентилятор постоянно включен, не используется. Вместо этого вентилятор соединяется с приводом через муфту. Конструкция муфты может быть различной: электромагнитная, фрикционная, гидравлическая, вязкостная (вискомуфта), но все они обеспечивают автоматическое включение вентилятора при достижении определенной температуры ОЖ. Такое включение обеспечивает температурный датчик. Причем использование гидромуфты и вискомуфты делает возможным не только автоматическое включение и выключение вентилятора, но и плавное изменение частоты его вращения в зависимости от температуры.

Вентилятор может приводиться не от коленчатого вала двигателя, а отдельным электродвигателем. Такое подключение позволяет легко осуществлять автоматическое регулирование моментов включения и выключения с помощью термисторного датчика (его электрическое сопротивление изменяется в зависимости от нагрева). Если же работой системы охлаждения управляет контроллер двигателя, то появляется возможность изменения и частоты вращения. Кроме того, вентилятор «реагирует» и на режимы движения. Например, он включается на холостом ходу при езде в пробках для предотвращения перегрева и выключается при загородной езде на высокой скорости, когда естественного обдува радиатора вполне достаточно для его охлаждения.

В период пуска двигателя для уменьшения износа необходимо быстрее прогреть его до рабочей температуры и при дальнейшей эксплуатации поддерживать эту температуру. Для ускорения прогрева двигателя и поддержания оптимальной его температуры служит термостат. Термостат устанавливают в рубашке охлаждения головки цилиндров на пути циркуляции жидкости из рубашки в верхний бачок радиатора. В системах охлаждения используются термостаты с жидкостным и с твердым наполнителем.

Термостат с жидкостным наполнителем состоит из корпуса, гофрированного латунного цилиндра, штока и двойного клапана. Внутри гофрированного латунного цилиндра налита жидкость, температура кипения которой 70...75 °С. Когда двигатель не прогрет, клапан термостата закрыт и циркуляция происходит по малому кругу: насос ОЖ — рубашка охлаждения — термостат — насос.

При нагреве ОЖ до 70...75 °С в гофрированном цилиндре термостата жидкость начинает испаряться, давление повышается, цилиндр, разжимаясь, перемещает шток и, поднимая клапан, открывает путь для жидкости через радиатор. При температуре жидкости в системе охлаждения 90 °С клапан

термостата полностью открывается, одновременно скошенной кромкой закрывает выход жидкости в малый круг, и циркуляция происходит по большому кругу: насос — рубашка охлаждения — термостат — верхний бачок радиатора — сердцевина — нижний бачок радиатора — насос.

Термостат с твердым наполнителем состоит из корпуса, внутри которого помещен медный баллон, заполняемый массой, состоящей из медного порошка, смешанного с церезином. Баллон сверху закрыт крышкой. Между баллоном и крышкой расположена диафрагма, сверху которой установлен шток, воздействующий на клапан. В непрогретом двигателе масса в баллоне находится в твердом состоянии, и клапан термостата закрыт под действием пружины. При прогреве двигателя масса в баллоне начинает плавиться, объем ее увеличивается, и она давит на диафрагму и шток, открывая клапан.

Контроль температуры ОЖ осуществляется по указателю температуры и при помощи сигнальной лампы перегрева двигателя на щитке приборов. Управление сигнальной лампой и указателем осуществляют датчики, ввернутые в верхний бачок радиатора и в рубашку охлаждения головки цилиндров.

В качестве теплоносителя может применяться вода (в устаревших конструкциях двигателей) или антифриз. Качество ОЖ, применяемой для системы охлаждения двигателя, имеет не меньшее значение для долговечности и надежности его работы, чем качество топлива и смазочных материалов.

Антифризы — охлаждающие жидкости для системы охлаждения автомобиля, не замерзающие при отрицательной температуре. Даже если температура внешней среды будет ниже минимальной рабочей температуры антифриза, он превратится не в лед, а в рыхлую массу. При дальнейшем понижении температуры эта масса затвердеет, не увеличившись в объеме и не повредив при этом двигатель.

Основа антифризов — водный раствор этиленгликоля или пропиленгликоля. Пропиленгликолевая основа применяется реже. Ее главное отличие — безвредность для человека и окружающей среды, но и более высокая цена при тех же потребительских качествах. Этиленгликоль агрессивен к материалам двигателя, поэтому в него добавляют присадки. Всего их может быть до полутора десятков — противокоррозионных, антивспенивающих, стабилизирующих. Комплектом присадок и определяется качество и область применения антифриза. По типу присадок все антифризы делятся на три большие группы: неорганические, органические и гибридные.

Неорганические (или силикатные) в качестве ингибиторов коррозии содержат силикаты, фосфаты, бораты, нитриты, амины, нитраты и их комбинации. Главный недостаток — малый срок службы из-за быстрого разрушения присадок. Пришедшие в негодность компоненты присадок образуют отложения в системе охлаждения, ухудшая теплообмен. Также возможно образование силикатных гелей (сгустков) в ОЖ.

В современных органических (или карбоксилатных) антифризах используются присадки на основе солей карбоновых кислот. Такие антифризы,

во-первых, образуют значительно более тонкую защитную пленку на поверхностях системы охлаждения, а во-вторых, ингибиторы действуют только в местах появления коррозии. Следовательно, присадки расходуются намного медленнее, тем самым существенно повышая срок службы антифриза.

Промежуточное положение между органическими и неорганическими антифризами занимают гибридные. Их пакет присадок в основном включает соли карбоновых кислот, но и небольшую долю силикатов или фосфатов.

Антифризы выпускаются либо в виде концентратов, либо в виде готовых к применению жидкостей. Концентрат перед применением нужно разбавить дистиллированной водой. Пропорция определяется необходимой минимальной температурой замерзания антифриза. Основа антифризов бесцветна, поэтому производители окрашивают их в разные цвета с помощью красителей. Это делается для облегчения контроля уровня антифриза и предупреждения о токсичности жидкостей. Совпадение цвета не всегда является свидетельством совместимости антифризов.

В современных двигателях система охлаждения двигателя может использоваться для охлаждения отработавших газов в системе их рециркуляции (EGR), охлаждения масла в автоматической коробке передач, охлаждения наддувочного воздуха турбокомпрессора. Некоторые двигатели с непосредственным впрыском топлива и турбонаддувом имеют двухконтурную систему охлаждения. Один контур предназначен для охлаждения головки блока цилиндров, другой – блока цилиндров. В контуре, охлаждающем головку блока цилиндров, поддерживается температура на 15...20 градусов ниже. Это позволяет улучшить наполнение камер сгорания и процесс смесеобразования, а также снизить риск возникновения детонации. Циркуляция жидкости в каждом из контуров регулируется отдельным терморегулирующим клапаном.

5.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная установка имеет два рабочих места (рис. 5.2). Первое предназначено для изучения конструкции и определения параметров системы охлаждения и ее составных частей, состоит из поворотного стенда 8, на котором установлен двигатель 7, полностью укомплектованный приборами системы охлаждения. Второе место (рис. 5.3) предназначено для исследования работы паровоздушного клапана и термостата, состоит из лабораторного стола 1, на котором установлены резервуар 2. Резервуар герметически закрыт пробкой 8, снабженный паровым 10 и воздушным 9 клапанами. Для сообщения внутренней полости резервуара с атмосферой в заливной горловине имеется пароотводная трубка 7. Внутри резервуара установлены стакан 13 с термостатом 14, термометр 15 и электрический подогреватель 11 с питанием от внешней электрической цепи. На верхней части бачка для измерения давления и разрежения в бачке установлены мановакуумметр 6, а для определения начала и полного открытия клапана термостата – индикатор часового типа 12.

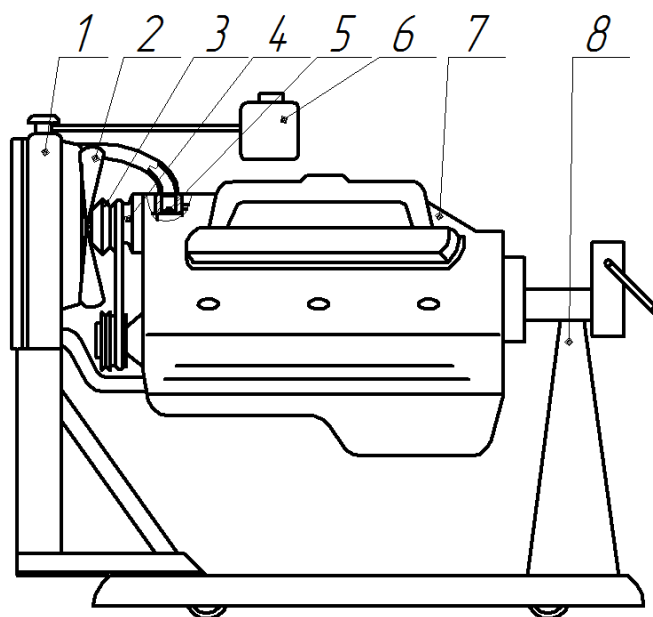


Рисунок 5.2 – Схема установки для определения параметров системы охлаждения:
 1 – радиатор; 2 – вентилятор; 3 - гидромуфта привода вентилятора; 4 – водяной насос;
 5 – термостат; 6 – расширительный бачок; 7 – двигатель; 8 – поворотный стэнд

Для ускорения охлаждения воды в бачке предусмотрен кран 5 для наполнения резервуара холодной водой и кран 3 для слива воды из резервуара, а поддержание заданного уровня воды в резервуаре обеспечивается сливной трубкой 4.

Корпус резервуара заземлен в общий контур заземления.

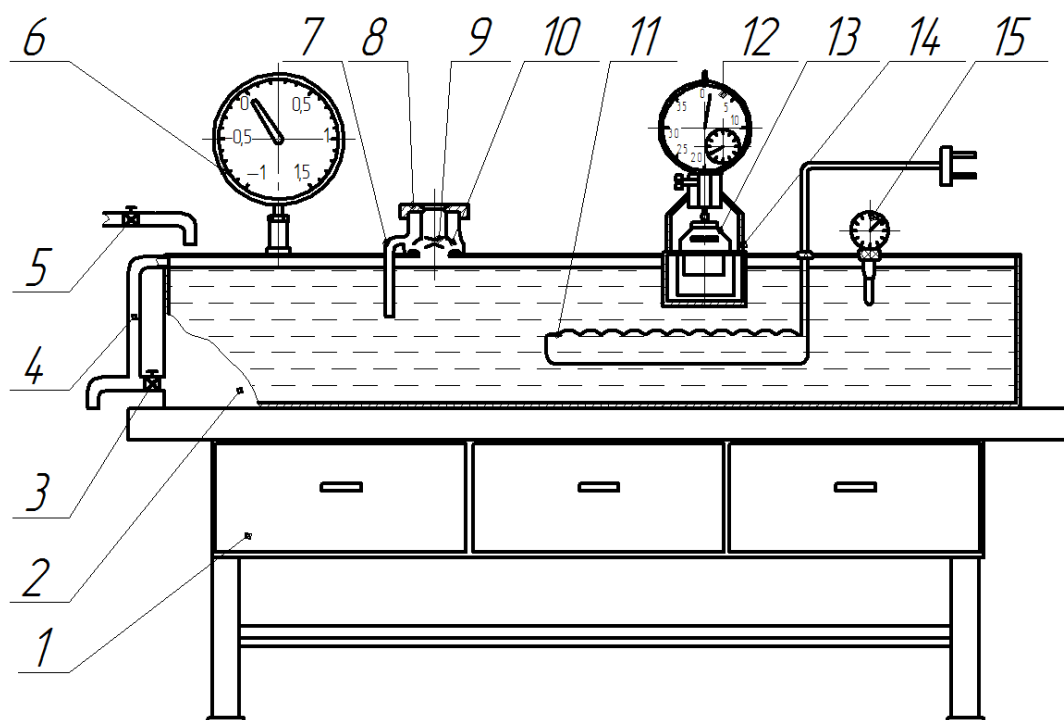


Рисунок 5.3 – Схема лабораторной установки для исследования работы паровоздушного клапана и термостата

5.3. Порядок проведения практической части работы

1) Перед началом работы необходимо убедиться в надежности крепления двигателя на стенде и комплектности оборудования, получить у инженера приспособления, инструмент и плакаты;

2) Изучить общую схему и работу жидкостной системы охлаждения заданного двигателя, установку для исследования работы паровоздушного клапана и термостата;

3) Снять с двигателя составные части системы охлаждения, изучить их конструкцию и работу, определить основные параметры элементов системы охлаждения. Необходимые данные занести в таблицу 5.1;

4) Получить индивидуальное задание у преподавателя;

5) Подготовить установку для исследования работы паровоздушного клапана и термостата. Для этого нужно полностью заполнить резервуар 2 водой (рисунок 5.3) и надежно закрыть его пробкой 8;

6) После проверки заземления включить во внешнюю сеть подогревательный элемент 11;

7) Исследовать работу паровоздушного клапана и термостата в режимах нагрева и охлаждения;

8) Показания мановакуумметра 6, индикатора 12 и термометра 15 записывать через 2...5 °C в интервале температур примерно 50...120 °C (до открытия парового клапана 9 при нагреве и закрытия воздушного клапана 10 и клапана термостата при охлаждении);

9) При открытии парового клапана 9 (появление пара в паровоздушной трубке 7 через 10 с выключить из сети нагревательный элемент 11 и начать охлаждать жидкость, находящуюся в резервуаре. Для этого открыть кран 5 и заполнить до соответствующего уровня резервуар холодной водой, поддерживая его с помощью крана 3;

10) Охлаждать резервуар и вести наблюдение за показаниями приборов до закрытия воздушного клапана 10 и клапана термостата 14;

11) После закрытия воздушного клапана 10 и клапана термостата закрыть кран 5, открыть кран 3 и слить воду из резервуара 2 в канализацию;

12) Результаты исследования занести в таблицу 5.2;

13) Повторить исследование работы паровоздушного клапана и термостата в указанной последовательности еще дважды;

14) Для проведения исследования зафиксировать температуру и давление в бачке начала открытия и закрытия клапанов (паровоздушного и термостата);

15) Проанализировать полученные данные, отметить в таблице 5.2 температуру кипения воды, температуры начала открытия, полного открытия и закрытия клапана термостата, температуру и давление открытия и закрытия парового и воздушного клапанов;

16) После выполнения лабораторной работы оформленный черновик отчета предъявить преподавателю для проверки полученных результатов;

17) После проверки отчета и получения разрешения преподавателя

собрать двигатель и составные части системы охлаждения, привести в порядок рабочее место, и сдать учебному мастеру (лаборанту) приспособления, инструмент, плакаты.

Таблица 5.1 – Основные параметры системы охлаждения двигателя по индивидуальному заданию

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
Тип системы охлаждения	-	
Емкость системы охлаждения $Q_{ж}$	дм ³	
Составные части системы охлаждения	-	
Тип радиатора	-	
Паровоздушный клапан:	-	
давление открытия парового клапана P_n	мПа	
температура, при которой открывается паровой клапан, T_n	°С	
давление открытия воздушного клапана, P_v	МПа	
температура, при которой открывается воздушный клапан, T_v	°С	
Тип термостата	-	
Температура воды	°С	
начала открытия клапана термостата, T_k	-	
полного открытия клапана термостата, $T_{нк}$	-	
полного закрытия термостата, $T_{зк}$	-	
Высота подъема клапана термостата, h_m	мм	
Состав наполнителя термостата	-	
Способы регулирования температуры жидкости:	-	
автоматический	-	
ручной	-	
Способ подвода охлаждающей жидкости к наиболее нагретым деталям двигателя	-	
Нормальный температурный режим двигателя, T_n	°С	
Марка применяемого антифриза (тосола)	-	
Состав антифриза	-	
Температура застывания антифриза, T_a	°С	
Тип и место расположения водяного насоса	-	
Составные части водяного насоса	-	
Способ отключения лопастей вентилятора	-	
Способ управления створками жалюзи	-	

Таблица 5.2 – Параметры характеристики паровоздушного клапана и термостата

№ п/п	Температура, °К	Высота подъема клапана термостата, мм				Давление-разрежение в резервуаре, мПа				Примечание
		1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	
1	60									
2	65									
.	.									
.	.									
.	.									
.	120									
.	115									
	110									
	.									
	.									
	.									
	60									

5.4. Содержание отчета

- 1) Титульный лист.
- 2) Цели и задачи.
- 3) Краткие теоретические сведения.
- 4) Схема лабораторной установки.
- 5) Выполнение индивидуального задания (таблица 5.1).
- 6) Результаты экспериментальных измерений (таблица 5.2).
- 7) Выводы.

5.5. Контрольные вопросы

1. Назначение и типы систем охлаждения автомобильных двигателей.
2. Требования, предъявляемые к системам охлаждения их составным частям и охлаждающим жидкостям согласно стандартам.
3. Схема и принцип работы жидкостной системы охлаждения двигателей.
4. Конструкция и принцип работы составных элементов системы охлаждения.
5. Основные достоинства и недостатки принудительной закрытого типа жидкостной системы охлаждения.
6. Схемы и принцип работы систем, автоматически регулирующих температуру двигателя.

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И СНЯТИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы: закрепить полученные знания студентов, привить навыки самостоятельного проведения испытаний двигателей и ознакомить с методикой испытаний и определения погрешностей измерений, обработки и анализа полученных результатов.

Задачи работы: изучение различных видов характеристик двигателей и определение их параметров.

В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе и ее выполнения студент должен:

- научиться экспериментально определять основные характеристики двигателей;
- ознакомиться с видами испытаний автомобильных двигателей;
- изучить и освоить методику и технику измерения основных величин в процессе испытания ДВС.

6.1. Теоретический раздел

Особенностью автомобильного двигателя является его работа при изменении скоростного режима в широком диапазоне. При любом числе оборотов коленчатого вала двигатель должен устойчиво работать при всех нагрузках.

По условиям баланса мощности автомобиля двигатель, кроме мощности, используемой для преодоления трения в силовой передаче, сопротивления качению и сопротивления воздуха, должен иметь определенный запас мощности для преодоления дополнительных сопротивлений, возникающих при движении автомобиля на подъеме, трогании с места, разгоне и т. п. На всех эксплуатационных режимах двигатель должен работать с наибольшей экономичностью.

Двигатель для автомобиля выбирают по характеристикам, которые определяют его качество и пригодность к работе в различных условиях. Эти характеристики позволяют также сравнивать между собой различные двигатели.

В эксплуатационных условиях двигатель работает почти все время при непрерывно изменяющихся неустановившихся режимах. Однако получение полных данных, характеризующих работу двигателя на таких режимах, затруднительно. Поэтому общепринятые характеристики снимают во время испытания двигателей на тормозном стенде при установившихся режимах.

При необходимости получения более полных данных, а также в случае каких-либо дополнительных исследований разрабатывается методика, предусматривающая снятие дополнительных характеристик (скоростных,

регулируемых) или испытание двигателя, установленного на автомобиле (испытания в городском цикле).

Для нагружения двигателя при испытании применяют специальные тормозные устройства различных конструкций. Наиболее распространенными являются гидравлические, механические и электрические тормозные устройства.

Электрические тормозные устройства сложнее по устройству и дороже гидравлических, но имеют ряд преимуществ. Они обладают обратимостью, т. е. дают возможность проворачивать коленчатый вал двигателя от тормозного устройства, и могут преобразовывать механическую энергию двигателя в электрическую, отдаваемую в электрическую сеть (рекуперация).

Испытательные стенды с электрическими динамометрами постоянного тока представляют собой измерительное оборудование, предназначенное для привода или торможения испытуемых объектов и одновременно для измерения крутящего момента и оборотов коленчатого вала. Стенды используются прежде всего в двух основных режимах, т.е. в режиме $n = \text{konst.}$ либо $M = \text{konst.}$ Электрические динамометры выделяются высокой точностью регулирования, возможностью легкого управления и широким диапазоном рабочих режимов. Могут работать в обоих направлениях вращения (реверсироваться).

Электрический тормоз представляет собой машину постоянного тока с независимым возбуждением. Отличие электрического тормоза (балансирная динамомашинa) от обычной машины постоянного тока заключается в том, что у тормоза статор установлен на шарикоподшипниках, закрепленных в стойках станины, и может поворачиваться вокруг своей оси (рис. 6.1).

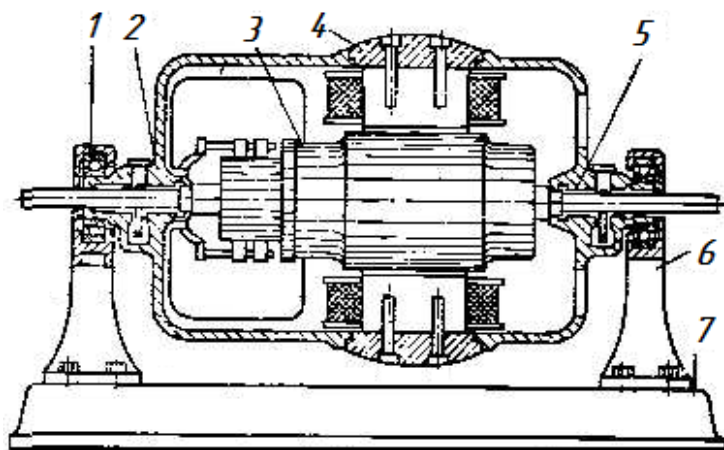


Рисунок 6.1 - Схема электротормоза постоянного тока:

1 - подшипник статора; 2 - статор; 3 - якорь; 4 - полюс статора с обмоткой возбуждения; 5 - подшипник якоря; 6 - стойка; 7 - станина

Двигатель через упругую муфту соединяется с валом якоря тормоза. Торможение двигателя осуществляется вследствие взаимодействия магнитных полей якоря и статора. Число оборотов и нагрузка двигателя регулируются путем изменения силы тока в обмотках возбуждения тормоза, питаемых от независимого источника постоянного тока.

Реактивный крутящий момент измеряют с помощью рычага, укрепленного на статоре тормоза и соединенного с весовым устройством, откалиброванным в килограммах или в килограммометрах. Электрическая энергия, вырабатываемая электрическим тормозом при торможении двигателя, поглощается нагрузочными реостатами или с помощью специальных устройств отдается в электрическую сеть. В последнем случае достигается наибольший экономический эффект за счет рекуперации энергии испытываемого двигателя.

Экономически выгодным является применение электрических динамометров постоянного тока в тех случаях, когда необходимо использовать режим работы генератора и режим работы двигателя и не требуются высокие максимальные обороты, например при технологической обкатке и испытаниях двигателей тяжелого топлива с самовоспламенением от сжатия, испытаниях коробок передачи, раздаточных коробок и подобных.

6.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из испытательного стенда и двигателя внутреннего сгорания модели МеМЗ-245 (рис. 10.2). Испытательный стенд в базовой комплектации состоит из динамометра постоянного тока, асинхронного электродвигателя, генератора, компаунд-генератора, весов и пульта управления стендом.

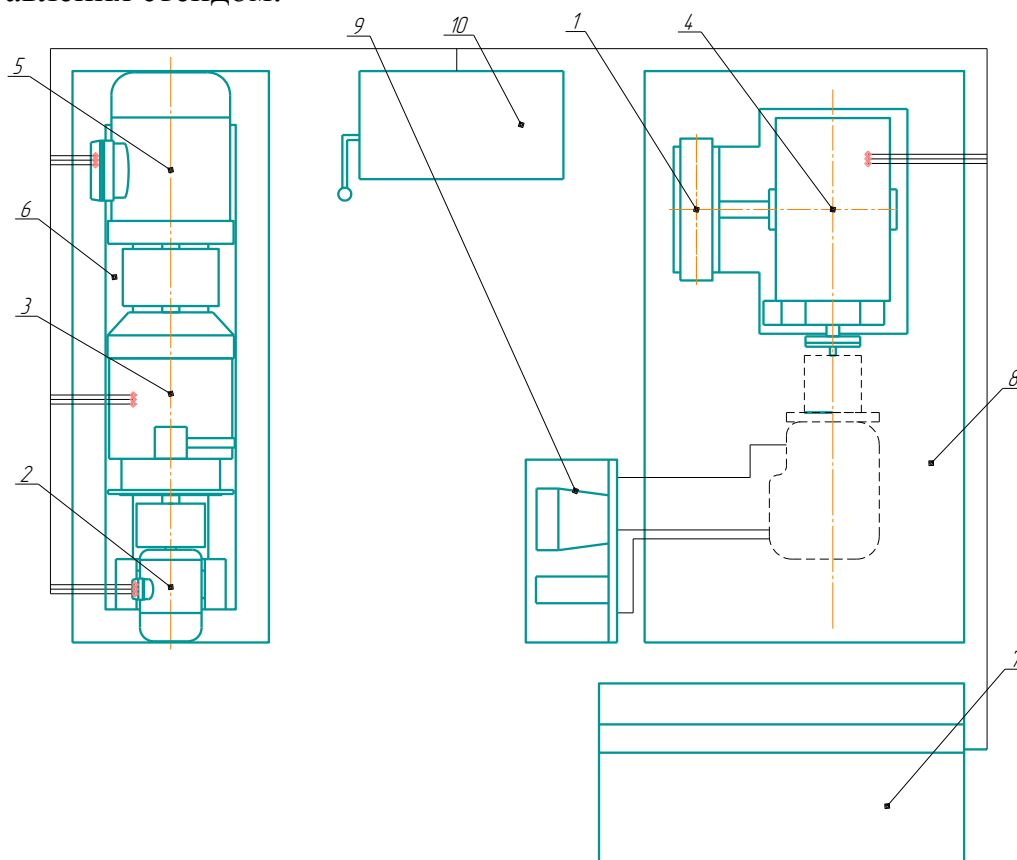


Рисунок 6.2 – Принципиальная схема лабораторной установки:

- 1 – весы; 2 – генератор; 3 – асинхронный двигатель; 4 – динамометр постоянного тока; 5 – компаунд-генератор; 6 – плита; 7 – пульт управления; 8 – рама; 9 – передвижная тележка; 10 – силовой щит

Асинхронный электродвигатель приводит во вращение генератор, который осуществляет электропитание динамометра. Электродвигатель и генератор установлены на отдельной раме. Динамометр, весы и испытуемый ДВС смонтированы на одной плите. Корпус динамометра имеет возможность проворачиваться на своих подшипниках при создании им тормозного момента. Рычаг, жестко закрепленный на корпусе динамометра, взаимодействует с механизмом весов, показывающих величину силы, действующей на конец рычага. Рядом с испытуемым двигателем устанавливается передвижная тележка с измерительными приборами. Двигатель соединен с тормоз-генератором посредством пальцевой муфты и установлен на специальной подставке, позволяющей при необходимости произвести его замену.

6.3. Порядок проведения работы

Перед проведением работы студенты должны повторить соответствующие разделы лекционного материала, ознакомиться с теоретическим разделом методических указаний. Преподаватель под роспись доводит требования техники безопасности, знакомит с характеристиками объекта испытаний, методикой и техникой выполнения работ, проверяет подготовленность к выполнению студентов лабораторной работы.

Подготовка и включение стенда, пуск двигателя выполняются под руководством преподавателя или инженера по учебному процессу.

Порядок включения стенда:

- 1) Автоматом включить пульт управления.
- 2) Проверить нахождение реостата в нулевом положении.
- 3) Установить полярность возбуждения в положение I.
- 4) Напряжение в цепи управления (кнопка А1) установить в положение I.
- 5) Включить вентилятор и масляный насос динамометра (кнопки А7 и А8).
- 6) Включить главный двигатель М1 (кнопка А6).
- 7) Включить ход динамометра в режим электродвигателя (кнопка А11).
- 8) Включить правый автомат.
- 9) Установить необходимую частоту вращения вала динамометра реостатом.
- 10) Для перехода динамометра в режим работы генератора нажать ход без реле обратного тока (кнопка А9), затем ход в режим генератора (кнопка А10) и дождаться выключения лампы А9. Далее выполнять пункт 9.

Перед испытаниями двигатель прогревают до температуры охлаждающей жидкости 85...90 °С и температуры масла 80...85 °С. После прогрева двигателя студенты по указанию преподавателя устанавливают несколько режимов работы двигателя, осуществляют торможение двигателя тормоз-генератором, изменяют нагрузку. На каждом установившемся режиме работы двигатель должен проработать 10 минут.

Порядок выключения стенда:

- 1) Выключить главный двигатель М1 (кнопка А3).
- 2) Поставить переключатель А1 в положение «0», полярность возбуждения в «0».
- 3) Выключить автоматы.

В процессе проведения испытаний данные измерений заносятся в протокол (приложение Б). По окончании испытаний результаты измерений обрабатываются и по ним строятся графики внешней скоростной или регулировочной характеристики на листе формата А4. Материалы испытаний студенты предъявляют преподавателю, который после проверки результатов расписывается в протоколе.

6.4. Порядок проведения теоретических расчетов

При проведении лабораторной работы на основании полученных данных экспериментальным путем рассчитываются следующие параметры:

- 1) Эффективная мощность двигателя, кВт:

$$N_e = \frac{M_k \cdot n}{9550}, \quad (6.1)$$

где M_k – крутящий момент, Н·м;

n – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

- 2) Часовой расход топлива, кг/ч:

$$G_m = \frac{3600 \cdot V_m \cdot \rho_m}{\tau_m}, \quad (6.2)$$

где V_m – объем топлива, потраченный за время испытаний, м³;

$\rho_m = 756 \text{ кг/м}^3$ – плотность бензина при n/y ,

τ_m – продолжительность измерения расхода топлива, с.

- 3) Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт ч):

$$g_e = \frac{10^3 \cdot G_m}{N_e}. \quad (6.3)$$

- 4) Плотность воздуха, кг/м³:

$$\rho_v = \frac{P_0}{R_v \cdot T_0}, \quad (6.4)$$

где P_0 – атмосферное давление во время проведения испытаний, Па;

R_v – газовая постоянная воздуха $R_v = 287 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$;

T_0 – абсолютная температура воздуха на впуске, К.

- 5) Часовой расход воздуха, кг:

$$G_v = \frac{3600 \cdot \Delta V_v \cdot \rho_v}{\tau_v}, \quad (6.5)$$

где $\Delta V_{\text{в}}$ – объем воздуха, затраченного за время испытаний, м³;

$\tau_{\text{в}}$ – продолжительность измерения расхода воздуха, с.

6) Коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{G_{\text{в}}}{G_{\text{м}} \cdot l_{\text{о}}}, \quad (6.6)$$

где $l_{\text{о}}$ – количество воздуха, термически необходимого для полного сгорания 1 кг топлива, $l_{\text{о}} = 14,94$ кг воздуха/кг топлива (для бензина).

7) Коэффициент наполнения:

$$\eta_{\text{в}} = \frac{1000 \cdot G_{\text{в}}}{30 \cdot V_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot n}, \quad (6.7)$$

где $V_{\text{н}}$ – рабочий объем двигателя, м³.

Результаты вычислений занести в протокол (приложение Б).

6.5. Содержание отчета

- 1) Цель лабораторной работы.
- 2) Теоретический раздел.
- 3) Схема лабораторной установки.
- 4) Методика проведения расчетов.
- 5) Выводы.

6.6. Контрольные вопросы

- 1) Виды характеристик автомобильных двигателей.
- 4) Виды стендов для испытания ДВС.
- 5) Краткое описание стенда для снятия скоростных характеристик (СХ).
- 6) Влияние внешних факторов на работу ДВС.

Лабораторная работа № 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЧНОЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: изучить характер и методику определения частичной скоростной характеристики.

7.1. Теоретический раздел

Для оценки эффективности функционирования ДВС при его работе на различных режимах и при различных значениях регулировочных параметров служат характеристики двигателя.

Характеристикой ДВС называется зависимость (как правило, графическая) показателей двигателя от режима работы или от параметров, связанных с регулировкой его основных систем.

Скоростной характеристикой (СХ) называют зависимость от числа оборотов n , эффективной мощности N_e , эффективного крутящего момента M_e , часового G_T и эффективного удельного расходов топлива g_e при открытой дроссельной заслонке в ДВС с искровым зажиганием или при положении рейки топливного насоса, соответствующем установленной подаче топлива в дизеле. При снятии характеристики регистрируются и другие показатели двигателя. Отличие частичной СХ от внешней СХ в том, что она снимается при частично открытой дроссельной заслонке, тогда как когда внешняя скоростная характеристика снимается при полностью открытой заслонке (или при максимальной топливоподаче для дизельных ДВС).

Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя позволяет определить его предельные мощностные показатели и оценить экономичность на полных нагрузках. ВСХ является основной паспортной характеристикой двигателя, на основании которой оценивают его главные технические показатели.

Автомобильный двигатель не может воспринимать нагрузку при малых числах оборотов коленчатого вала. Это объясняется тем, что при очень малых числах оборотов увеличена отдача теплоты в стенки цилиндров, пропуски газов через поршневые кольца и несоответствие фаз газораспределения приводят к резкому снижению массового наполнения и ухудшению осуществления процесса сгорания. Поэтому существует нижний предел числа оборотов коленчатого вала n_{min} , при котором двигатель может устойчиво работать во всем диапазоне изменения нагрузок.

На рисунке 7.1 показан характер изменения η_v для ДВС с искровым зажиганием от числа оборотов. Примерно такой же характер изменения имеют среднее индикаторное давление p_i и прямо пропорциональный ему крутящий момент M_i .

Обычно в автомобильных двигателях номинальное число оборотов $n_{ном}$ выбирают несколько большим n_e , что обеспечивает устойчивую работу двигателя в зоне максимального скоростного режима. С увеличением числа оборотов более $n_{ном}$ мощность не возрастает из-за резкого уменьшения среднего эффективного давления p_i , а динамические нагрузки на основные детали и их износ повышаются. Поэтому эксплуатация двигателя под нагрузкой при числе оборотов выше номинального нецелесообразна, а при разном — недопустима. Чтобы исключить возможность перехода на разносный режим и облегчить вождение автомобиля при работе двигателя на номинальном режиме, устанавливают ограничитель — регулятор максимального числа оборотов, который при снижении нагрузки автоматически прикрывает дроссельную заслонку. При установке такого ограничителя в случае уменьшения нагрузки двигателя число оборотов от $n_{ном}$ несколько повышается, достигая при холостом ходе $n_{хх\ max}$.

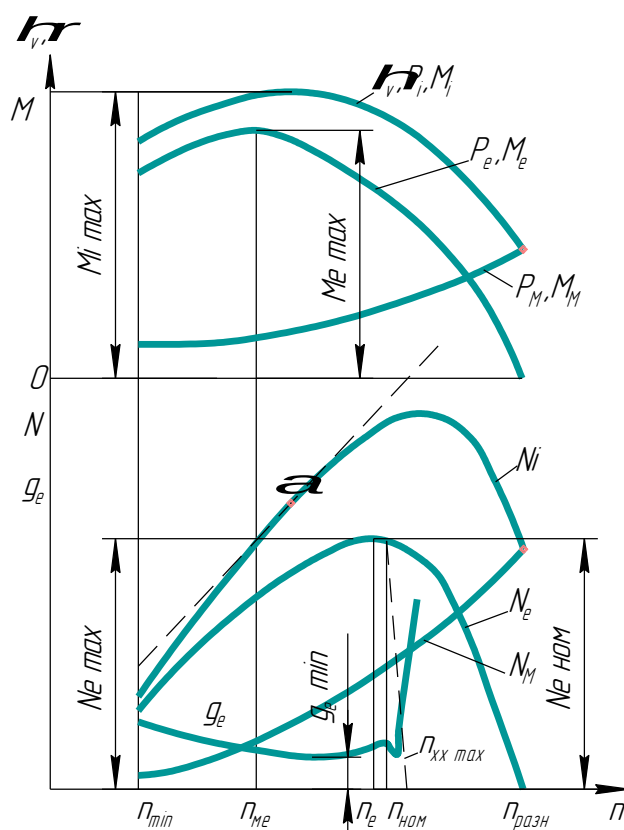


Рисунок 7.1 - Характер изменения основных величин внешней скоростной характеристики ДВС с искровым зажиганием

На рисунке 7.1 показан характер изменения эффективного удельного расхода топлива от числа оборотов. В диапазоне от $n_{ном}$ до $n_{хх\ max}$, где действует ограничитель числа оборотов, вначале вследствие увеличения, а при прикрытии дроссельной заслонки удельный расход топлива несколько снижается, а затем из-за уменьшения механического и индикаторного КПД возрастает.

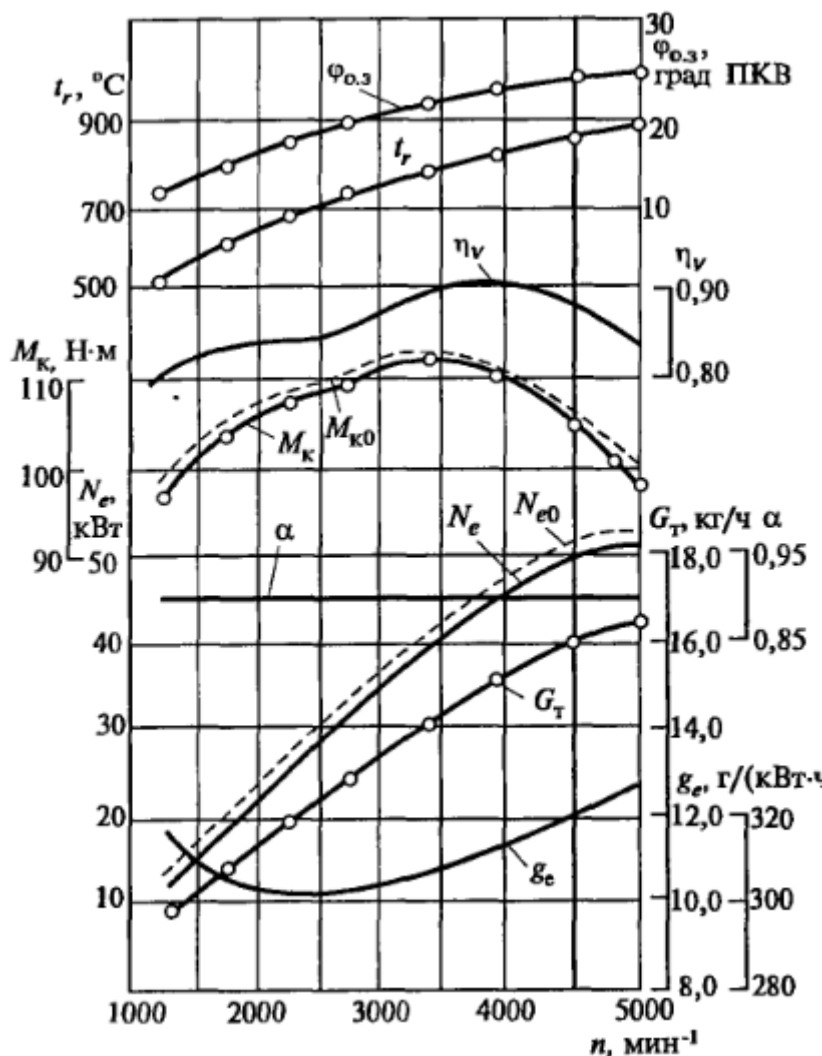


Рисунок 7.2 - Внешняя скоростная характеристика ДВС
рабочего объема 1,5 л с искровым зажиганием

На рисунке 7.2 показана ВСХ, наглядно показывающая изменение мощности, крутящего момента, коэффициентов наполнения и избытка воздуха, удельного и часового расхода топлива, угла опережения зажигания и температуры отработавших газов.

7.2. Лабораторное оборудование

- 1) Стенд испытательный.
- 2) Двигатель МеМЗ-245.
- 3) Компьютер.

7.3. Порядок проведения работы

- 1) Включить стенд (пункт 6.3)
- 2) Установить необходимый режим работы двигателя:
 - вывести двигатель на заданную преподавателем частоту вращения коленчатого вала для данного режима;

- произвести нагружение двигателя стендом;
- снять необходимые показания для соответствующего режима и занести в протокол (приложение Б).

3) Несколько раз производить действия подраздела 7.3 пункта 2 с интервалом 300 об/мин в сторону уменьшения частоты вращения двигателя.

- 4) Выключить стенд (пункт 6.3).

7.4. Порядок проведения теоретических расчетов

Расчеты производятся согласно методике, изложенной в методических указаниях (подраздел 6.4., формулы 6.1 – 6.7)

7.5. Содержание отчета

- 1) Цель лабораторной работы.
- 2) Теоретические сведения.
- 3) Протокол (приложение Б) с результатами измерений и вычислений.
- 4) Расчеты по лабораторной работе.
- 5) Графики скоростной характеристики.
- 6) Выводы.

7.6. Контрольные вопросы

- 1) Понятие скоростной характеристики (СХ).
- 2) Назначение СХ.
- 3) Условия снятия СХ.

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОЛОСТОГО ХОДА ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы – изучение методики проведения характеристики холостого хода двигателя

8.1. Теоретический раздел

Характеристика холостого хода является скоростной, она показывает зависимость расхода топлива G_T и других параметров двигателя от частоты вращения при работе без внешней нагрузки. Снимается характеристика в диапазоне частот вращения от минимально устойчивой до такой, которая составляет 60% от максимальной. Двигатель предварительно прогревается до рабочего температурного режима. Характеристика холостого хода представляет собой графическое изображение часового расхода топлива при работе двигателя без нагрузки. Для карбюраторных двигателей ее часто изображают также в виде графика разрежения $\Delta p_{\text{вн}}$ в задрессельном пространстве впускного тракта.

Увеличение частоты вращения достигается открытием дроссельных заслонок, однако угол их открытия небольшой, что приводит к небольшому разрежению на линии впуска Δp_K и коэффициента наполнения цилиндра η_v . С увеличением частоты вращения расход топлива G_T и воздуха G_B увеличивается.

Коэффициент избытка воздуха α сначала уменьшается (смесь обогащается), а при более интенсивном увеличении расхода воздуха, по сравнению с топливом, увеличивается.

Для дизеля начальную точку этой характеристики снимают при положении рейки топливного насоса, обеспечивающем наименьшую устойчивую частоту вращения в режиме холостого хода. Для ДВС с искровым зажиганием начальная точка характеристики режима холостого хода снимается при закрытой до упора дроссельной заслонке.

Удовлетворительной считается такая характеристика режима холостого хода, при которой часовой расход топлива G_T увеличивается с ростом частоты вращения коленчатого вала. При таком характере протекания зависимости $G_T=f(n)$ возможен сравнительно быстрый переход на нагрузочный режим.

Характеристику режима холостого хода снимают на испытательном стенде при отсоединенном от двигателя тормозном устройстве. Вначале измеряют параметры в режиме холостого хода при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала. Изменение скоростного режима осуществляется для дизелей перемещением органа управления топливоподачей, а в карбюраторном двигателе — путем открытия дроссельной заслонки.

При снятии характеристики холостого хода тормоз отсоединяют и путем выбора положения дроссельной заслонки или рейки насоса изменяют частоту вращения вала прогретого двигателя от минимальной устойчивой до частоты вращения, равной $0,5 \cdot n_{ном}$, соблюдая установленную регулировку приборов питания и зажигания.

Для дизелей характеристику снимают от максимальной частоты вращения холостого хода n_{max} до минимально устойчивой частоты вращения вала (колебания не должны превышать $\pm 5\%$).

Типичная характеристика холостого хода двигателя показана на рисунке 8.1. От стабильности протекания этой характеристики в значительной степени зависит токсичность двигателя. Минимальную частоту вращения коленчатого вала ДВС на холостом ходу определяют путем постепенного прикрытия дроссельной заслонки или уменьшения подачи топлива (в дизелях) до наступления неустойчивого режима работы двигателя, после чего частоту вращения вала увеличивают до наступления устойчивой работы ДВС в течение 10 минут.

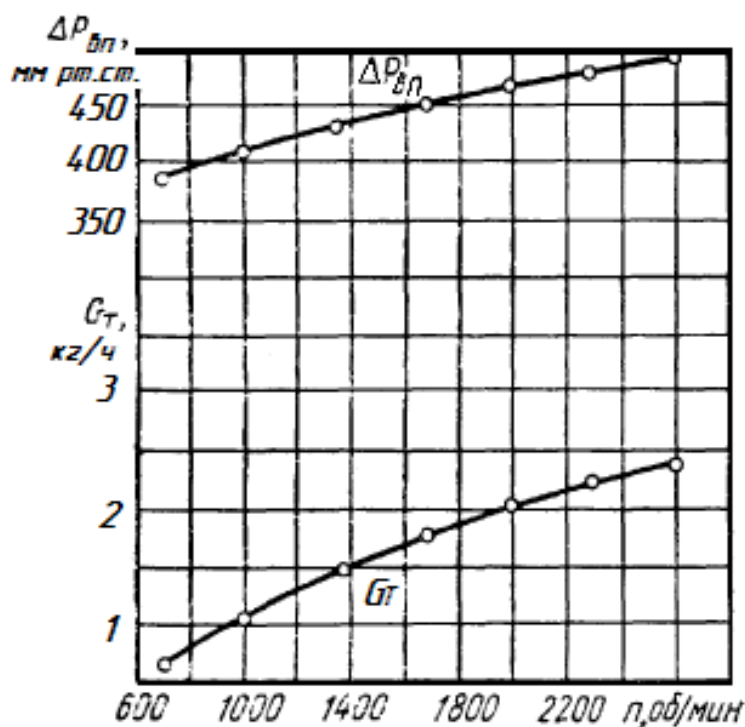


Рисунок 8.1 – Характеристика холостого хода двигателя

8.2. Лабораторное оборудование

- 1) Стенд испытательный.
- 2) Двигатель МеМЗ-245.
- 3) Компьютер.

8.3. Порядок проведения работы

- 1) Включить стенд (см. пункт 6.3).
- 2) Установить режим холостого хода двигателя.
- 3) Снять необходимые показания для соответствующего режима и занести их в протокол.
- 4) Выключить стенд (пункт 6.3).

8.4. Порядок проведения теоретических расчетов

Расчеты производятся согласно методике изложенной методических указаниях (подраздел 6.4., формулы 6.1 – 6.7).

8.5. Содержание отчета

- 1) Цель лабораторной работы.
- 2) Теоретические сведения.
- 3) Протокол (приложение Б) с результатами измерений и вычислений.
- 4) Расчеты по лабораторной работе.
- 5) Выводы.

8.6. Контрольные вопросы

- 1) Понятие характеристики холостого хода.
- 2) Назначение характеристики.
- 3) Условия снятия характеристики.

Лабораторная работа № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО УГЛУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

Цель работы – изучение методики проведения испытания двигателя на регулировочных характеристиках по углу опережения зажигания

9.1. Теоретический раздел

При изучении процесса сгорания было установлено, что качество его протекания зависит от некоторых параметров, которые могут быть подобраны при испытании двигателя. В ДВС с искровым зажиганием такими параметрами являются угол опережения зажигания (УОЗ) и состав горючей смеси; в дизелях — угол опережения начала впрыска топлива и положение рейки в упоре, при котором достигается бездымное сгорание. Характеристики, снимаемые для получения оптимальных показателей двигателя в зависимости от указанных параметров, называются регулировочными характеристиками (рис. 9.1).

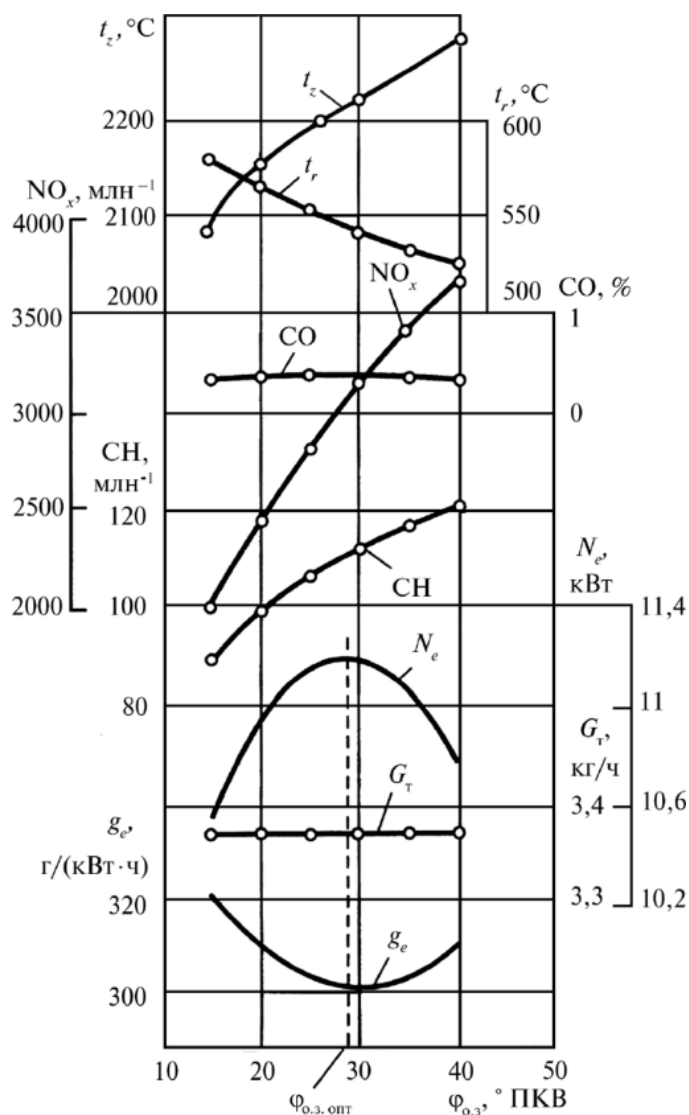


Рисунок 9.1 - Регулировочная характеристика по УОЗ: $\eta_v = 0,50$; $\alpha = 1,01$

Такие характеристики используются:

- для нахождения оптимальных значений УОЗ на различных скоростных и нагрузочных режимах работы двигателя при заданной регулировке топливоподающей системы;
- для определения предельных мощностных и экономических показателей двигателя;
- для выбора регулировок автоматов управления УОЗ;
- для оценки требований к октановому числу топлива.

Вследствие постоянства расхода топлива зависимости N_e и g_e от $\varphi_{0.3}$ имеют обратный характер (рисунок 9.1), а максимум N_e и минимум g_e достигаются при одном и том же значении $\varphi_{0.3}$. Этот УОЗ называется оптимальным $\varphi_{0.3.опт}$. Зажигание называется *поздним*, если $\varphi_{0.3} < \varphi_{0.3.опт}$, и *ранним*, если $\varphi_{0.3} > \varphi_{0.3.опт}$.

На рисунке 9.2 приведены регулировочные характеристики автомобильного двигателя. Такие характеристики снимают при постоянном положении дроссельной заслонки. В этих условиях в зависимости от УОЗ меняется мощность и соответственно экономичность двигателя. Такие характеристики используют при доводке, испытаниях и регулировке двигателя.

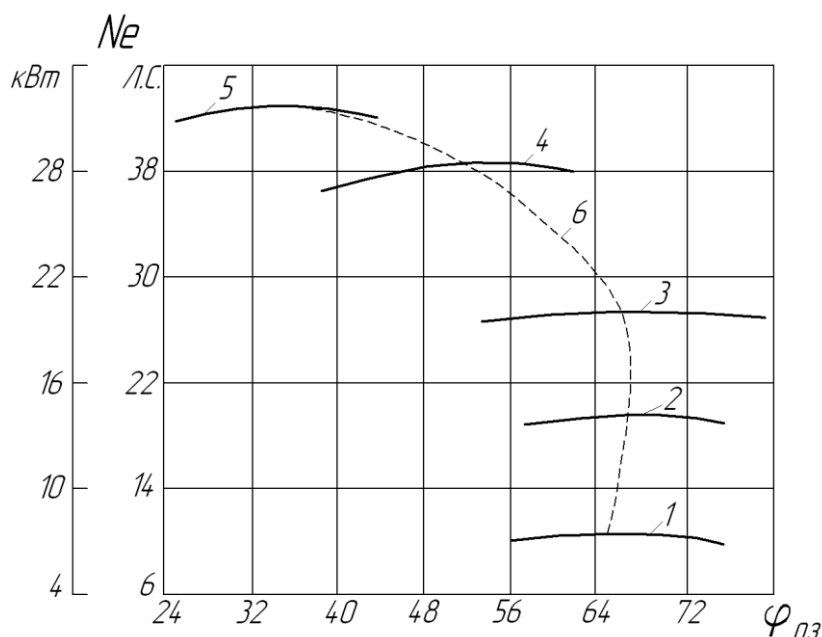


Рисунок 9.2 – Регулировочные характеристики по углу опережения зажигания автомобильного бензинового карбюраторного двигателя при частоте вращения коленчатого вала $n=3450$ об/мин и различных положениях дроссельной заслонки

1 - $\alpha=1,035$ и $\eta_v=0,33$; 2 - $\alpha=1,10$ и $\eta_v=0,48$; 3 - $\alpha=1,16$ и $\eta_v=0,63$; 4- $\alpha=1,15$ и $\eta_v=0,80$; 5 - $\alpha=1,88$ и $\eta_v=0,78$; 6 – оптимальный угол опережения зажигания при регулировке карбюратора на максимальную экономичность.

По результатам опытов, проведенным при нескольких положениях дроссельной заслонки и различных числах оборотов коленчатого вала, выбирают оптимальные значения углов опережения зажигания в зависимости от нагрузочного и скоростного режимов.

На рисунке 9.3 показаны результаты влияния угла опережения зажигания двигателя ГАЗ-21 на его мощность при различных числах оборотов коленчатого вала и полностью открытой дроссельной заслонке.

Оптимальные углы опережения зажигания при разных числах оборотов коленчатого вала соединены штриховой линией. Обычно в целях предотвращения возможности появления детонации выбирают несколько меньший угол опережения зажигания.

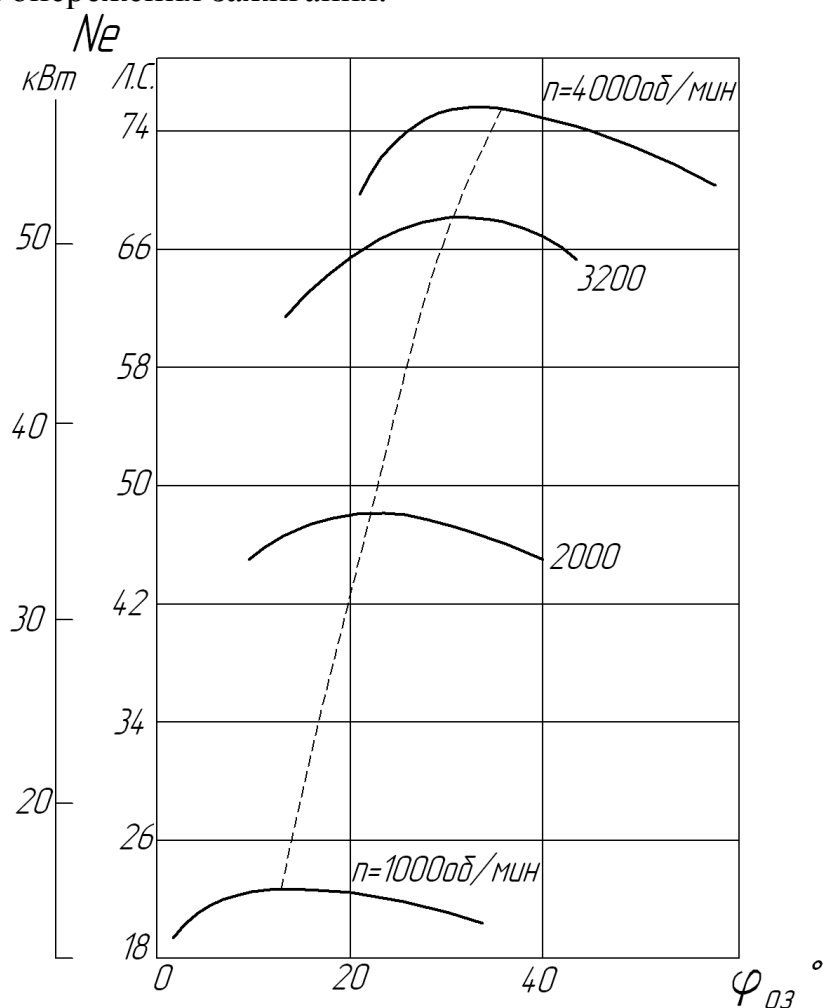


Рисунок 9.3 – Регулировочные характеристики по углу опережения зажигания двигателя ГАЗ-21 при различной частоте вращения коленчатого вала и полностью открытой дроссельной заслонке карбюратора

Отклонение УОЗ от оптимального в действительном цикле эквивалентно изменению момента подвода теплоты относительно ВМТ в термодинамическом цикле. Теплота, выделившаяся при сгорании в конце такта сжатия и в начале такта расширения после прохождения поршнем ВМТ, не

может быть использована с той же полнотой, как теплота, сообщенная в ВМТ, из-за уменьшения степени расширения.

При раннем зажигании из-за повышения p_z и T_z в цикле возрастают потери теплоты в стенки, а также потери от утечек рабочего тела. Это уменьшает количество теплоты, израсходованной на изменение внутренней энергии и на совершение полезной работы. Линия расширения в этом случае располагается ниже линии расширения при оптимальном зажигании, что приводит к снижению температуры отработанных газов (ОГ) (рисунок 13.4). Вследствие повышения температуры поверхности камеры сгорания и последних порций несгоревшей смеси при раннем зажигании увеличивается склонность двигателя к детонации.

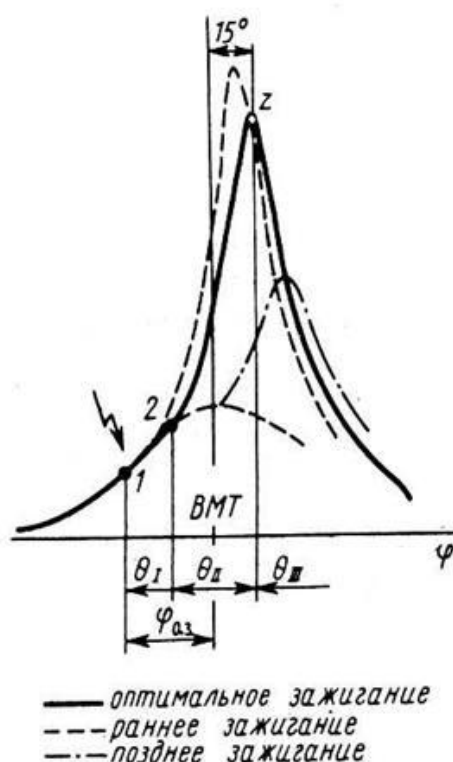


Рисунок 9.4 - Индикаторные диаграммы при оптимальном, раннем и позднем зажигании

При позднем зажигании увеличивается температура рабочего тела в процессе расширения, что приводит к увеличению потерь теплоты с ОГ и перегреву некоторых деталей двигателя.

УОЗ существенно влияет на токсичность ОГ.

Величина $\varphi_{0.3.опт}$ зависит от режима работы двигателя. С увеличением n возрастает длительность начальной фазы сгорания, выраженная в градусах ПКВ. Для сохранения оптимального положения второй фазы сгорания относительно ВМТ необходимо увеличить УОЗ.

Снижение нагрузки двигателя ухудшает условия воспламенения смеси из-за уменьшения давления в цилиндре в конце сжатия, увеличения относительного содержания ОГ в рабочей смеси, уменьшения энергии

искрового разряда, снижения турбулизации заряда. Все это также увеличивает длительность начальной фазы сгорания и требует увеличения УОЗ.

Иногда искусственно уменьшают УОЗ, делая его меньше $\varphi_{0.3.опт}$ с целью уменьшения содержания NO_x в ОГ или для подавления детонации.

9.2. Лабораторное оборудование

- 1) Стенд испытательный.
- 2) Двигатель МеМЗ-245.
- 3) Компьютер.
- 4) Стробоскоп.

9.3. Порядок проведения работы

- 1) Включить стенд (пункт 9.3).
- 2) Характеристику начинать снимать при позднем угле зажигания (10-20 град.), постепенно увеличивая его до появления детонационных стуков. При каждом новом значении угла опережения зажигания изменением нагрузки двигателя поддерживать его постоянную частоту вращения.
- 3) Отметить в журнале наблюдений появление детонационных стуков во время испытаний бензинового двигателя на больших углах опережения зажигания.
- 4) Выключить стенд (пункт 9.3).

9.4. Порядок проведения теоретических расчетов

Расчеты производятся согласно методике изложенной в методических указаниях (пункт 6.4, формулы 6.1 – 6.7).

9.5. Содержание отчета

- 1) Цель лабораторной работы.
- 2) Теоретические сведения.
- 3) Протокол (приложение Б) с результатами измерений и вычислений.
- 4) Расчеты по лабораторной работе.
- 5) Регулировочная характеристика.
- 6) Выводы.

9.6. Контрольные вопросы

- 1) Понятие регулировочной характеристики.
- 2) Назначение регулировочных характеристик.
- 3) Условия снятия регулировочной характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свистула, А. Е. Двигатели внутреннего сгорания : учебное пособие / А. Е. Свистула, В. А. Сеницын. — 4 изд., перераб. и доп. — Барнаул : АлтГТУ, 2018. — 93 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/292805> (дата обращения: 05.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания : учебник / под редакцией Н. Д. Чайнова. — 3-е изд. — Москва : Машиностроение, 2023. — 496 с. — ISBN 978-5-907523-24-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/30730> (дата обращения: 05.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Андрусенко, О. Е. История создания двигателя внутреннего сгорания. Русские двигатели : учебное пособие для вузов / О. Е. Андрусенко, С. Е. Андрусенко, Ю. И. Матвеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 472 с. — ISBN 978-5-8114-8747-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/197459> (дата обращения: 05.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Андрусенко, О. Е. История создания двигателя внутреннего сгорания. Эволюция двигателя : учебное пособие для вузов / О. Е. Андрусенко, С. Е. Андрусенко, Ю. И. Матвеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 404 с. — ISBN 978-5-8114-8750-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/200237> (дата обращения: 05.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Сергеев, Н. В. Двигатели иностранных фирм : учебное пособие / Н. В. Сергеев, В. П. Шоколов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 256 с. - ISBN 978-5-9729-0899-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1903231> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: по подписке.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1– Техническая характеристика двигателя модели МеМЗ-245

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
1	2	3	4
1) Диаметр цилиндра и ход поршня,	мм	$D \times S$	72x67
2) Рабочий объем двигателя	л	V_r	1,091
3) Степень сжатия	—	ε	9,5
4) Номинальная мощность:	кВт (л.с.)	$N_{e \max}$	
– брутто			39(53)
– нетто			37,5 (51)
5) Частота вращения коленчатого вала:	мин ⁻¹		
– номинальная		n_N	5300...5500
– максимальная		n_{MAX}	5600
– минимальная на холостом ходу		$n_{X.X.}$	700...950
6) Максимальный крутящий момент:	Н·м (кгс·м)	$M_{e \max}$	
– брутто			80,4 (8,2)
– нетто			78,5 (8,0)
7) Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	мин ⁻¹	n_M	3000...3500
8) Порядок работы цилиндров	—	—	1—3—4—2
9) Направление вращения коленчатого вала	—	—	Правое
10) Вид топлива	—	—	бензин АИ-93

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1– Техническая характеристика двигателя модели 2101

Параметр	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Расположение двигателя	-	Спереди, продольное
Объем двигателя	см ³	1198
Мощность двигателя	л.с.	64
Количество оборотов коленчатого вала, при максимальной мощности двигателя	об/мин	5600
Крутящий момент	Н·м	89
Количество оборотов коленчатого вала, при максимальном крутящем моменте	об/мин	3400
Система подачи топлива	-	Карбюратор
Тип ГРМ	-	ОНС
Тип системы охлаждения	-	Жидкостная
Кол-во/расположение цилиндров	-	4/Рядное
Диаметр цилиндра	мм	76
Ход поршня	мм	66
Степень сжатия	-	8,5
Кол-во клапанов	-	8V
Вид топлива	-	Бензин АИ-92

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1 – Техническая характеристика двигателя модели 634-01

Параметр	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Тип двигателя	-	Двухтактный с искровым зажиганием с петлевой продувкой
Число цилиндров	шт	2
Расположение цилиндров	-	Рядное, поперек оси мотоцикла с наклоном вперед (25 град)
Диаметр цилиндра	мм	58
Ход поршня	мм	65
Рабочий объем цилиндров	дм ³	0,34347
Степень сжатия	-	9,2
Максимальная мощность	кВт/л.с.	16,2/22
Число оборотов в минуту при максимальной мощности	об/мин	5000
Максимальный крутящий момент	Нм	32
Число оборотов в минуту, соответствующее максимальному крутящему моменту	об/мин	4250

СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

Составители: **Сопин** Павел Константинович, **Чуйко** Иван Юрьевич,
Харченко Андрей Александрович

В авторской редакции

Изд. № 130/2024. Объем 5 п.л. Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,9.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»