

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам №1-5
по дисциплине “Автомобильные двигатели”
для студентов направления 6.070106
“Автомобильный транспорт”
всех форм обучения.

Севастополь
2014

УДК 629.113

Методические указания к лабораторным работам №1-5 по дисциплине “Автомобильные двигатели” / Сост. П.К. Сопин, И.Ю. Чуйко – Севастополь: Изд-во Сев НТУ, 2014.–60 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при изучении двигателей внутреннего сгорания на лабораторных занятиях.

Методические указания предназначены для студентов направления “Автомобильный транспорт” всех форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры
Автомобильного транспорта
(протокол №4 от 19.11.2013 г.)

Допущено научно-методическим центром СевНТУ в качестве
методических указаний.

Рецензент: Волошина Н.А., кандидат технических наук, доцент каф. АПС.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа №1.	
Исследование технической характеристики двигателя	4
2. Лабораторная работа №2.	
Определение конструктивных параметров кривошипно-шатунного	
механизма	14
3. Лабораторная работа №3.	
Определение конструктивных параметров механизма	
газораспределения	22
4. Лабораторная работа №4.	
Определение основных параметров двухтактного двигателя	33
5. Лабораторная работа №5.	
Определение основных параметров жидкостной системы охлаждения	
двигателя	46
Библиографический список.....	57
Приложение А.....	58
Приложение Б.....	59
Приложение В.....	60

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении автотранспортных двигателей внутреннего сгорания.

Задачи работы: изучение конструкции двигателя и определение 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 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, называемые двигателями 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 внешним смесеобразованием и принудительным воспламенением. Самые распространенные двигатели этой группы – карбюраторные, работающие на бензине, сжатом или сжиженном газе. В этих двигателях смесь образуется вне цилиндра в специальном приборе - карбюраторе, а воспламеняется в цилиндре электрической искрой.

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:

- по способу осуществления рабочего цикла - четырехтактные и двухтактные;
- по способу смесеобразования - внешнее (карбюраторные или газовые) и внутреннее (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 применяемого топлива - бензиновые, газовые, дизельные, работающие на альтернативных топливах;
- по числу цилиндров - одноцилиндровые и многоцилиндровые (двух-, трех-, четырех-, шести-, восьмицилиндровые и т.д.);
- по расположению цилиндров - 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, в которых наполнение осуществляется за счет разрежения, создаваемого в цилиндре при движении поршня от ВМТ к НМТ, и с наддувом - наполнение цилиндра свежим зарядом происходит под давлением, создаваемым компрессором или турбиной;
- 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.

Двигатель внутреннего сгорания состоит из кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения и систем смазки, охлаждения, питания, вентиляции и зажигания (двигатели, работающие на легких топливах, бензине, газе и др.).

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

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 $0,7...1,2$. Если $S/D \leq 1,0$, то двигатель называется короткоходным. Многие современные двигатели делают короткоходными.

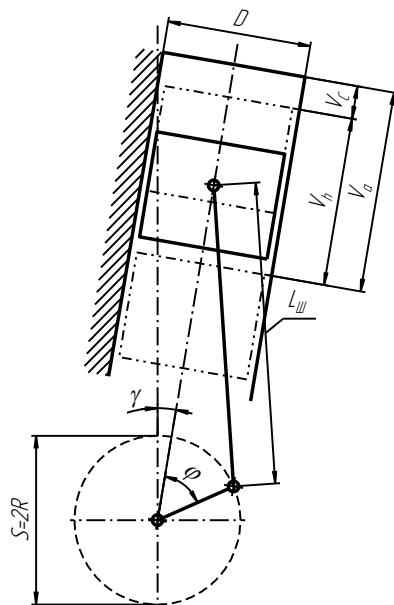


Рисунок 1 – Кинематическая схема и геометрические характеристики кривошипно-шатунного механизма

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 дм^3 .

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, дм^3 :

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

где V_a – полный объем цилиндра, дм^3 ;

V_h – рабочий объем цилиндра, дм^3 ;

V_c – объем камеры сжатия, дм^3 .

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

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

где ε - степень сжатия.

Для карбюраторных двигателей $\varepsilon = 6,5 \dots 10$ для дизелей – $12 \dots 22$.

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

Для карбюраторных малообъемных двигателей $M_{emax}=70...120$ Н·м, для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей $M_{emax}=200...450$ Н·м, для грузовых автомобилей большой грузоподъемности $M_{emax}=500...2500$ Н·м.

От M_e и частоты вращения n_e коленчатого вала зависит эффективная мощность двигателя, кВт:

$$N_e = \frac{M_e n_e}{9652}, \quad (1.3)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт;

M_e – эффективный момент, Н·м;

n_e – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

Максимальная частота вращения коленчатого вала карбюраторных двигателей отечественных грузовых автомобилей составляет 3200...3600 об/мин, карбюраторных двигателей легковых автомобилей - 6000...6600 об/мин, дизелей - 2100...2800 об/мин.

Мощность, приходящаяся на единицу рабочего объема двигателя (1дм³ или 1л) $N_g = N_e / V_h$, характеризует его совершенство. Для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей $N_g=15...22$ кВт/дм³; для карбюраторных двигателей легковых автомобилей $N_g=22...24$ кВт/дм³; для дизелей $N_g=11...22$ кВт/дм³. Чем выше N_g , тем совершеннее двигатель.

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

$$g_e = \frac{G_e}{N_e}, \quad (1.4)$$

где G_e – часовой расход топлива, г/час.

Для карбюраторных двигателей $g_e=280...340$ г/кВт·ч, для дизелей $g_e=220...260$ г/кВт·ч. Более высокий показатель экономичности работы дизелей по сравнению с карбюраторным двигателем – главная причина широкого использования дизелей в автомобильном и тракторном парках [1].

Важным показателем оценки работы поршневых двигателей является степень токсичности и дымности отработавших газов. В Украине существуют стандарты на предельно допустимые нормы СО при работе двигателей с искровым зажиганием на холостом ходу и на дымность в отработавших газах дизелей.

1.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная оборудование состоит из разрезных макетов двигателей внутреннего сгорания: модель 968Н, модель МеМЗ-245 (рисунок. 1.2, 1.3), модели ЗМ 402; макетов действующих двигателей: модели МеМЗ-245, модели

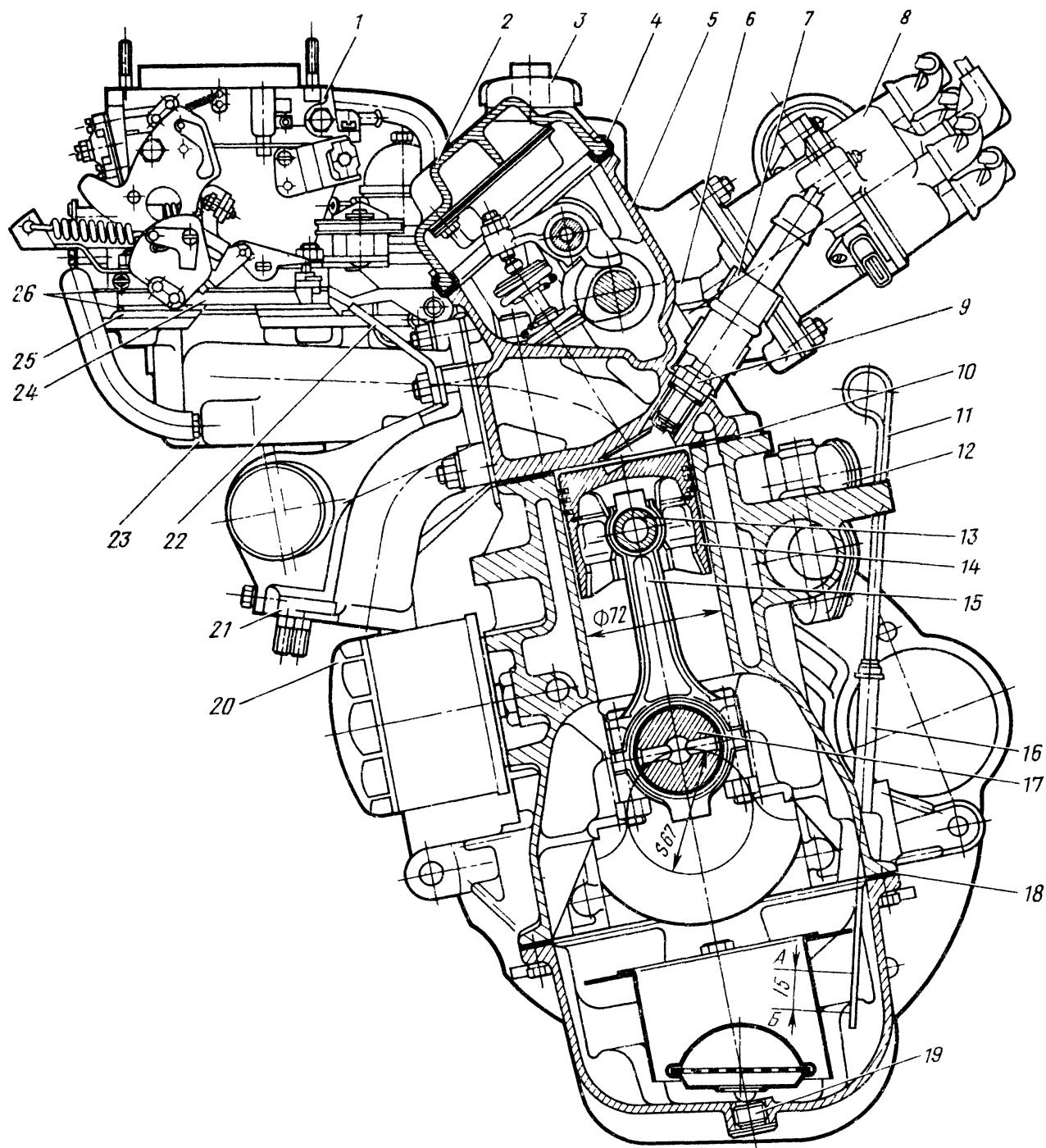


Рисунок 1.2 – Поперечный разрез двигателя МеМ3-245:

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, равный 3,45 л и Б – нижний, равный 2,45 л.

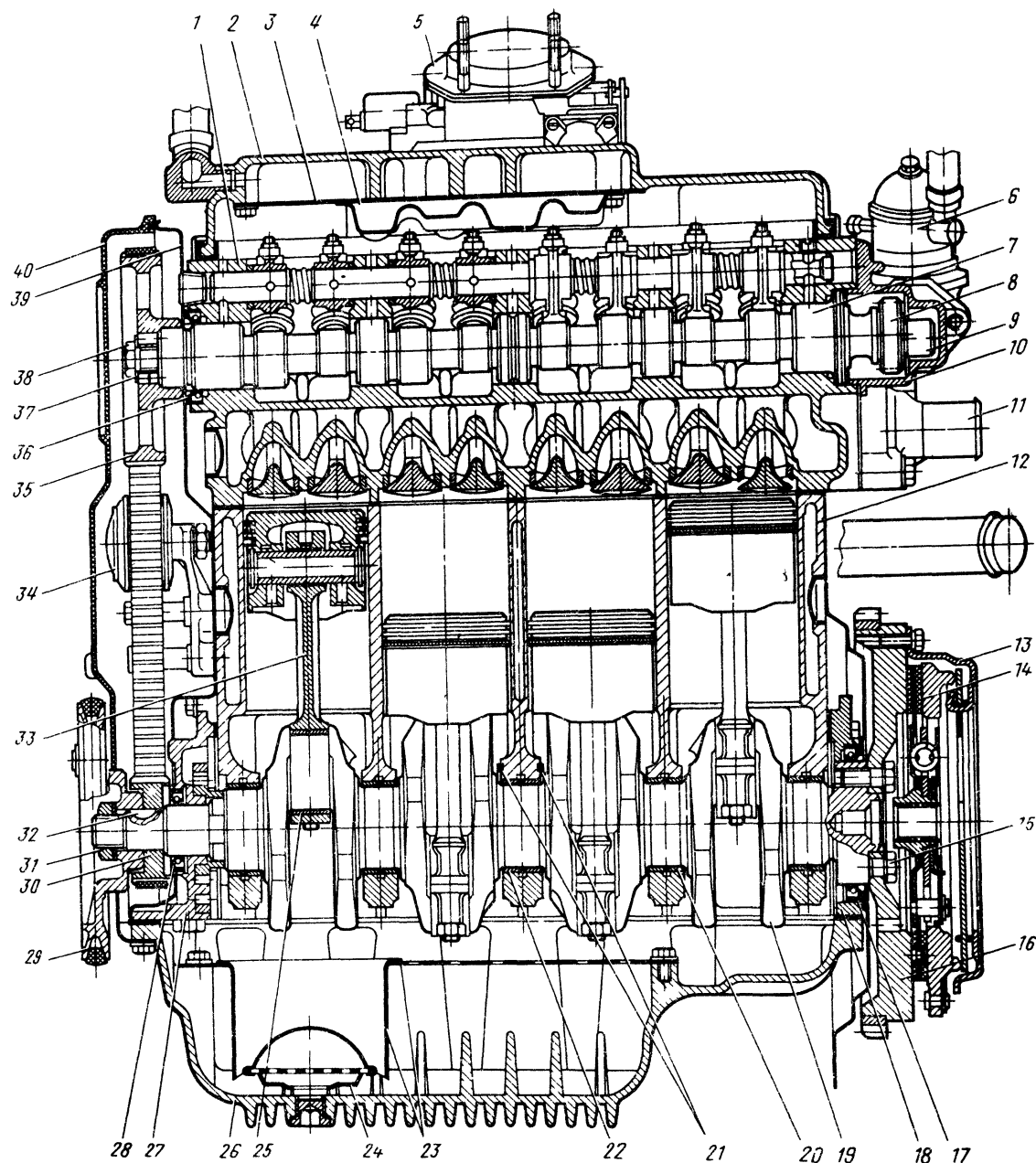


Рисунок 1.3 – Продольный разрез двигателя MeM3-245:

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 плоскозубчатого ремня.

МеМЗ-302, модели GM 16D, модели 414; сборных макетов двигателей: модели ВАЗ 2101, модели Ява 634-01.

Разрезные и составные макеты двигателей установлены на поворотных подставках, позволяющих при необходимости производить разборку.

Для частичной разборки двигателя 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 1.1.
- 4) После проверки преподавателем полученных данных привести в порядок рабочее место, сдать двигатель и инструмент инженеру.

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:

$$K = \frac{S}{D}, \quad (1.5)$$

где K – показатель короткоходности;

S – ход поршня, дм;

D – диаметр цилиндра, дм.

- 2) Рабочий объем цилиндра, дм³

$$V_h = S \cdot F = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (1.6)$$

где F_{π} – площадь поршня, дм².

3) Объем камеры сжатия, дм^3

$$V_C = \frac{V_h}{\mathcal{E} - 1}, \quad (1.7)$$

где $\mathcal{E}$ – степень сжатия.

4) Рабочий объем двигателя, дм^3 :

$$V_r = i \cdot V_h, \quad (1.8)$$

где i – число цилиндров, шт.

5) Объемная мощность двигателя, $\text{кВт}/\text{дм}^3$:

$$N_g = \frac{N_{e \max}}{V_r}, \quad (1.9)$$

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

6) Поршневая мощность, кВт

$$N_{II} = \frac{N_{e \max}}{i}, \quad (1.10)$$

Результаты вычислений занести в таблицу 1.1.

1.5. Содержание отчета

- 1) Титульный лист.
- 2) Цели и задачи.
- 3) Схема лабораторной установки.
- 4) Выполнение индивидуального задания (таблица 1.1).
- 5) Расчеты по лабораторной работе.
- 6) Выводы

Таблица 1.1 – Техническая характеристика двигателя выданного на основе индивидуального задания

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
1	3	4
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	
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	

Продолжение таблицы 1.1

1	3	4
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) Назначение двигателя.
- 2) Типы двигателей.
- 3) Признаки классификации двигателей.
- 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 - расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении кривошипно-шатунного механизма (КШМ) карбюраторных и дизельных двигателей.

Задачи работы - изучение конструкции и работы КШМ карбюраторных и дизельных автотранспортных ДВС, а также определение его основных 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

Кривошипно-шатунный механизм 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 [1].

КШМ двигателя состоит из неподвижных и подвижных деталей. К неподвижным относят: блок цилиндров (является базовой деталью двигателя внутреннего сгорания) и представляет собой общую отливку с картером, головка блока цилиндров, картер маховика и сцепления, нижний картер (поддон), гильзы цилиндров, 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 (рисунок 2.1).

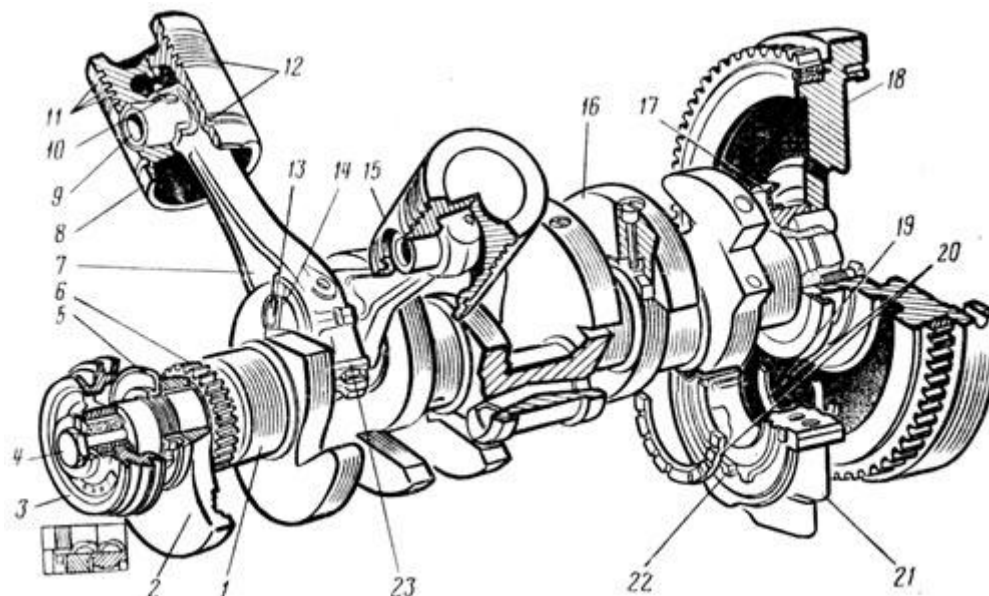


Рисунок 2.1 – Подвижные элементы кривошипно-шатунного механизма:

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. Для облегчения ремонта и увеличения срока службы цилиндров в большинстве случаев их изготавливают комбинированными, с короткими вставками или со вставками на всю длину зеркала цилиндра и с легкоъемными гильзами. 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

кривошипно-шатунного механизма, 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 кривошипно-шатунного механизма 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 двигателей модели ВАЗ-2101, МеМЗ-245, 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° (рисунок 2.2). С целью сокращения времени для разборочно-сборочных работ сняты с двигателя приборы электрооборудования, системы питания, смазки и охлаждения.

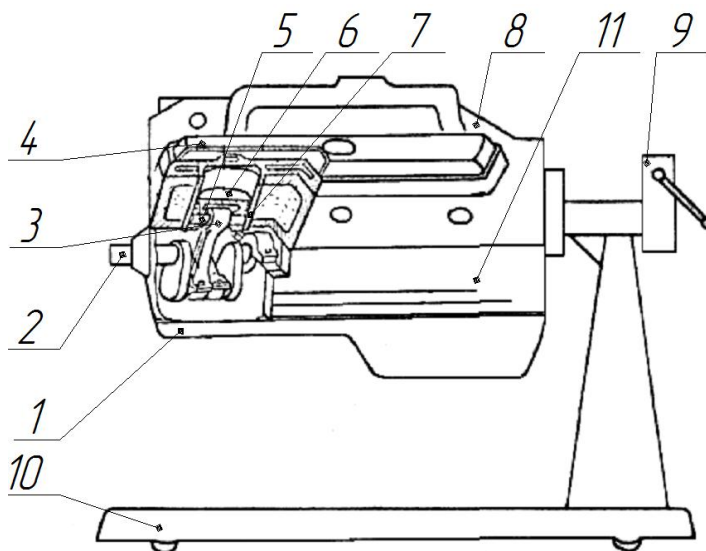


Рисунок 2.2 – Установка для определения параметров кривошипно-шатунного механизма:

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

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, измерив его нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;

4) Определить объем камеры сжатия, рабочий и полный объемы цилиндра на основе измерений и теоретических расчетов;

5) Оценить двигатель по отношению S/D ;

6) Повернуть двигатель на 180° , снять поддон картера, шатуны с поршнями и коленчатый вал;

7) 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) Определить перекрытие шеек коленчатого вала;
- 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 инженеру.

2.4. Порядок проведения теоретических расчетов

При проведении лабораторной работы на основании произведённых замеров или справочных материалов рассчитываются следующие параметры кривошипно-шатунного механизма двигателя.

- 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 :

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

где V_h – рабочий объём цилиндра, дм^3 ;
 ε – 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

- 1) Титульный лист.
- 2) Цели и задачи.
- 3) Краткие теоретические сведения.
- 4) Схема лабораторной установки.
- 5) Расчеты по лабораторной работе.
- 6) Результаты измерений и вычислений (таблица 2.1).
- 7) Выводы.

Таблица 2.1 – Основные параметры кривошипно-шатунного механизма двигателя

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	

Продолжение таблицы 2.1

Параметр	Единицы измерения	Значение, величина
- 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 кривошипно-шатунного механизма (КШМ).
- 2) Компонентные схемы КШМ.
- 3) Конструкция и материалы деталей КШМ.
- 4) Основные типы камер сжатия.
- 5) Подвижные детали КШМ.
- 6) Неподвижные детали КШМ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Цель работы: расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении механизмов газораспределения современных отечественных автотранспортных двигателей внутреннего сгорания.

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 клапанным механизмам газораспределения и их деталям согласно стандартам, конструкцию и работу клапанных механизмов газораспределения;

- уметь самостоятельно оценивать конструкции клапанных механизмов газораспределения, пользоваться измерительным и специальным инструментами, строить диаграмму подъема клапанов, анализировать конструкцию и оценивать технический уровень современных механизмов газораспределения;

- приобрести практические навыки работы с приспособлениями, разборки и сборки клапанных механизмов газораспределения, определения геометрических и других параметров механизма газораспределения, построения графика подъема клапанов, критического анализа и оценки клапанного механизма газораспределения.

3.1. Теоретический раздел

Механизм газораспределения 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. Механизм газораспределения 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.

Наибольшее распространение на автомобильных четырехтактных двигателях получили клапанные механизмы газораспределения.

В зависимости от расположения клапанов относительно цилиндра различают: нижнеклапанные (SV), верхнеклапанные (SOHC, OHC, DOHC) и смешанные механизмы газораспределения (OHV). 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, плоскороменная или комбинированная).

Двигатели с механизмом типа SV (side valve) (рисунок 3.1) - двигатели с боковым расположением клапанов. В отечественной литературе такие двигатели чаще называют нижнеклапанными. На самом деле 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 не высоких оборотах. Эти двигатели недороги, надежны, хотя отличаются несколько повышенным расходом топлива по сравнению с OHV и OHC. Очень хорошо работают в миниэлектростанциях, где обороты двигателя поддерживаются фиксированными (около 3000 об/мин).

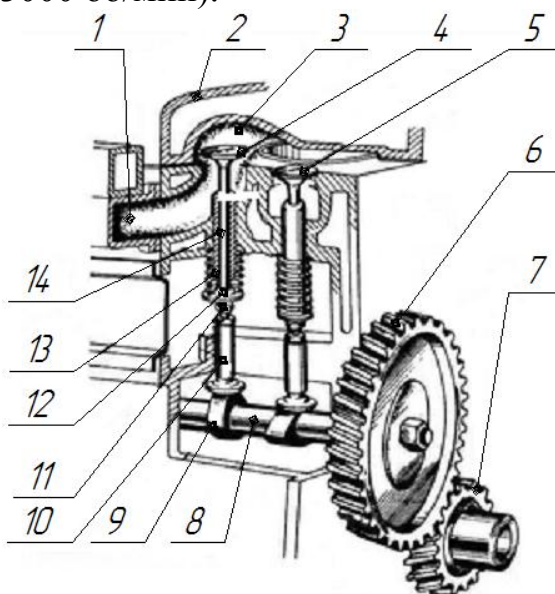


Рисунок 3.1 – Механизм газораспределения типа SV:

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 20 века. В советских автомобилях они прожили дольше и устанавливались на Победу, ЗИС, Москвич 401/402 и некоторые грузовые автомобили (в основном ГАЗ). Основные врожденные 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. С другой стороны простая система газораспределения и хорошие условия смазки всех ее деталей являются залогом надежности.

Двигатели с механизмом типа OHV (overhead-valve) (рисунок 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.

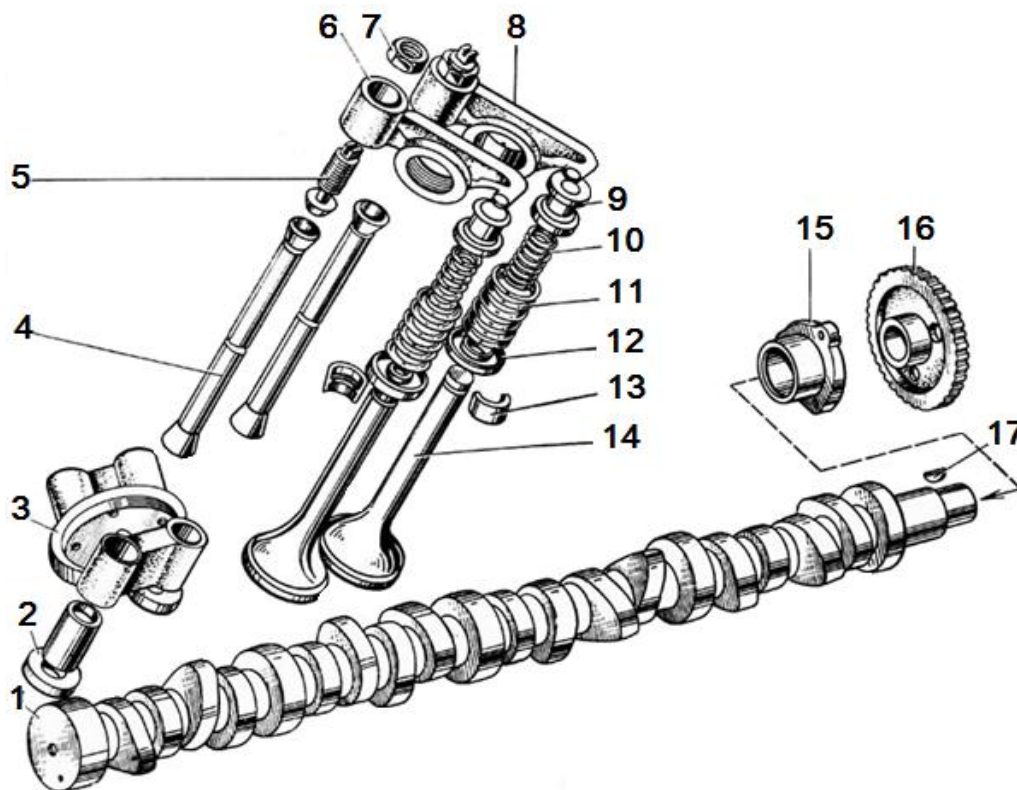


Рисунок 3.2 – Газораспределительный механизм типа OHV:

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. Эти двигатели рекомендуются для работы в профессиональной технике. Они универсальны и находят применение практически во всех типах устройств.

В автомобилестроении в настоящее время двигатели с этой схемой газораспределения чаще всего встречаются на американских бензиновых моторах, 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 (overhead-camshaft) (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.

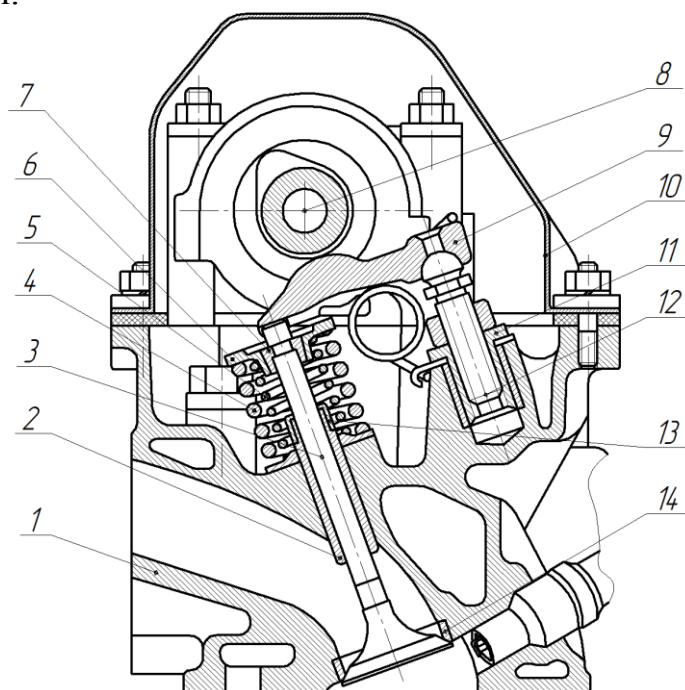


Рисунок 3.3 – Газораспределительный механизм типа ОНС:

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 двигатели могут быстро набирать обороты и столь же быстро сбрасывать их, что позволяет двигателю быстро приспосабливаться к часто меняющейся нагрузке и не снижать заданную мощность. В двигателях типа ОНС максимально используются положительные качества электронной системы зажигания. Камера сгорания такого двигателя имеет все достоинства двигателя ОНУ, а система газораспределения заметно легче и не содержит деталей, которые теряют жесткость при больших оборотах или при резком изменении оборотов двигателя.

Производство таких двигателей будет поступательно расти в ближайшие годы, модельный ряд будет расширяться и они займут достойное положение в производстве бытовой и профессиональной техники с ДВС благодаря своей надежности, универсальности и экономичности.

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

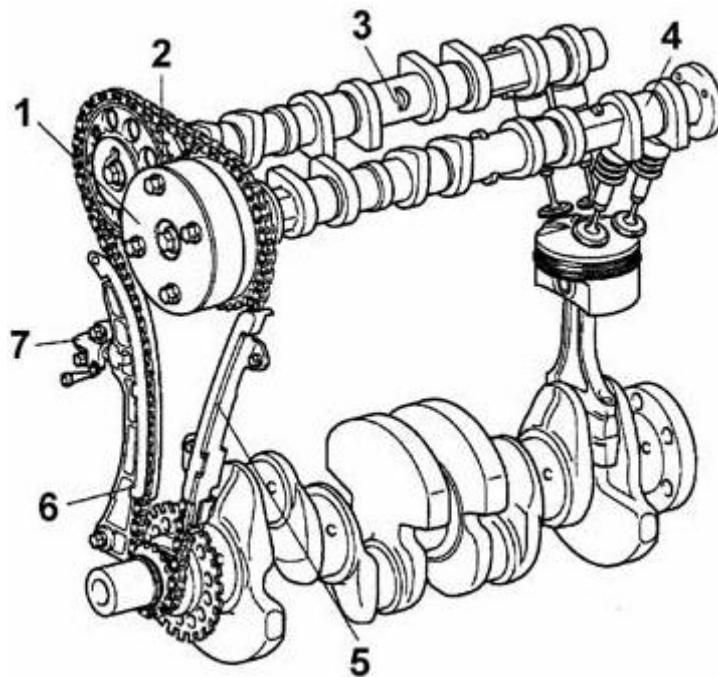


Рисунок 3.4 – Механизм газораспределения типа ДОНС:

1 – шкив, 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 (рисунок 3.5).

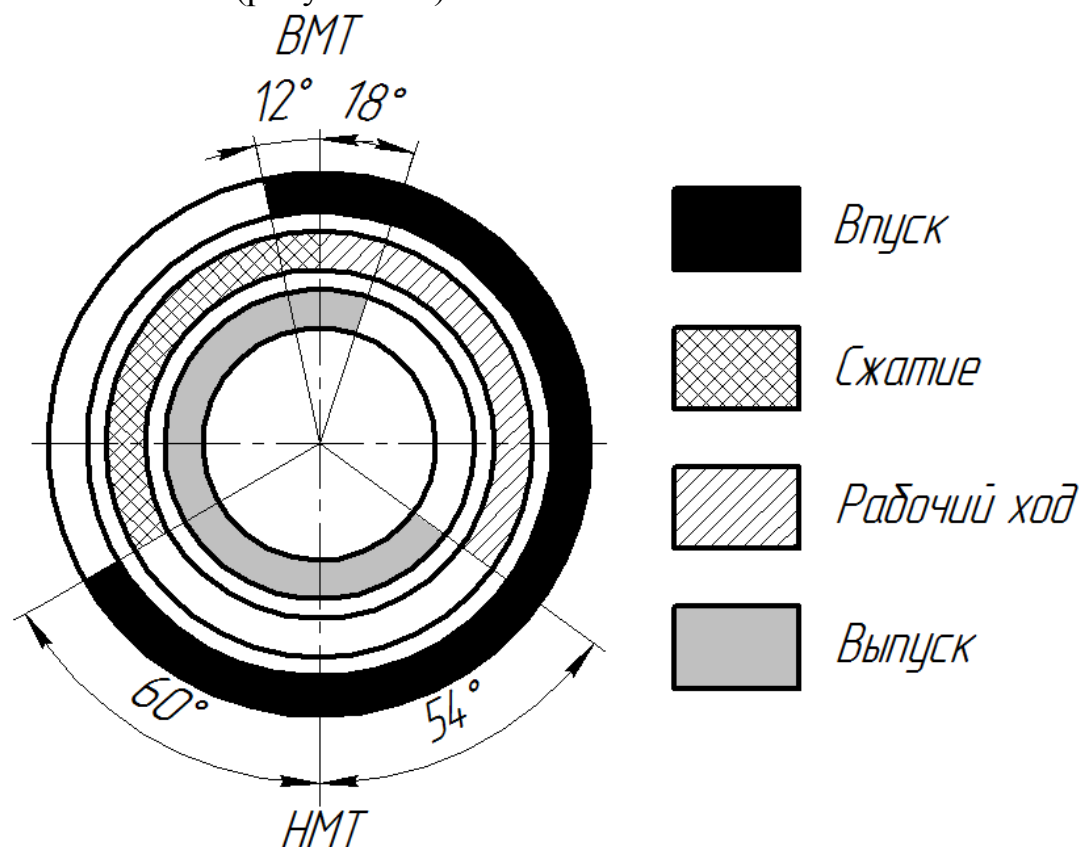


Рисунок 3.5 – Фазы газораспределения двигателя 3МЗ-4025 автомобиля ГАЗ-33021 «Газель»

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 подкачивание свежей смеси в цилиндры, следовательно, улучшается их наполнение.

3.3. Описание лабораторного оборудования

Лабораторное оборудование состоит из макета двигателя модели МеМЗ-245, ЗМ-402 установленные на поворотных стендах; поворотного стенда с головками блоков цилиндров двигателя ВАЗ-2101 и Фольксваген Гольф (рисунок 3.6), приспособлений и слесарного инструмента для разборки и сборки газораспределительного механизма и измерительного инструмента для определения геометрических параметров.

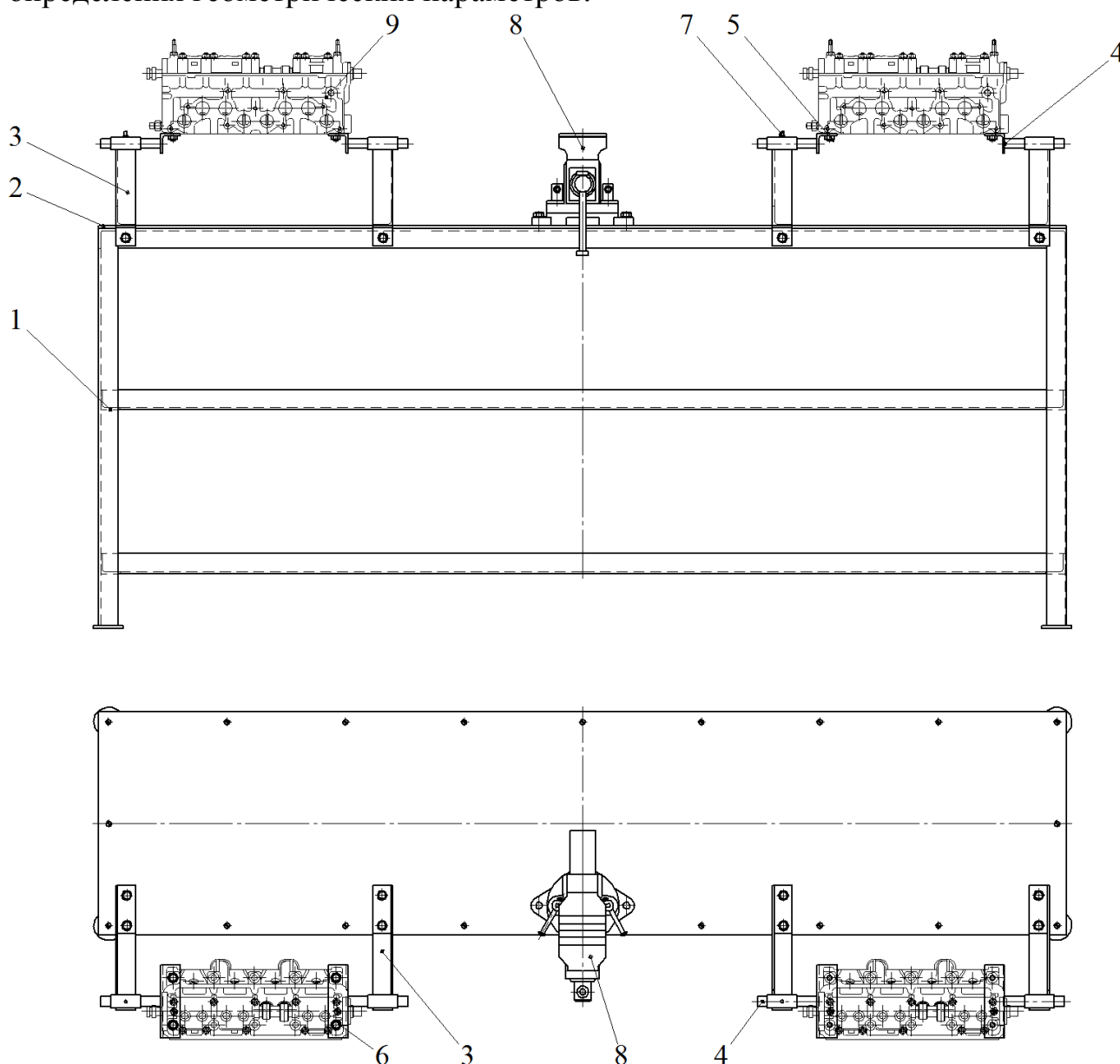


Рисунок 3.6 – Общий вид стенда:

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

Стенд представляет собой сварную раму 1 (рисунок 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.

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.

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

8) 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 ГБЦ, 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 механизма газораспределения двигателя выбранного на основе индивидуального задания

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
Тип механизма газораспределения	-	
Тип клапана:	-	
впускного	-	
выпускного	-	
Геометрические параметры впускного клапана:	-	
диаметр тарелки $\alpha_{тк}$	м	
угол фаски тарелки d_{ϕ}	град	
Геометрические параметры выпускного клапана:	-	
диаметр тарелки $\alpha_{тк}$	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, $d_{01}, d_{02}, \dots, d_{on}$	м	
способ фиксации от осевого смещения	-	
элементы привода вспомогательных механизмов	-	
Передаточное число коромысла, i_k	-	
Максимальная высота подъема толкателя, h_m	м	
Максимальная высота подъема клапана	м	
впускного, h_{k1}	-	
выпускного, h_{k1}	-	
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, $\theta_{вып}$	-	

Продолжение таблицы 3.1

Параметры	Единицы измерения	Значение, величина
Перекрытие клапанов θ	град	
Привод механизма газораспределения:	-	
тип	-	
передаточное число, i_m	-	
мероприятия, повышающие бесшумность работы	-	

Таблица 3.2 – Параметры высоты подъёма клапана

№ исп.	Угол поворота коленчатого вала, град	Высота подъёма 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 двигатель внутреннего сгорания. Рабочий процесс в каждом из цилиндров 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 – «такт» 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 карбюраторного двухтактного двигателя, 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. Поэтому следует считать весьма перспективным внедрение на двухтактных двигателях системы впрыска топлива – тогда продувка осуществляется 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 (рисунок 4.1).

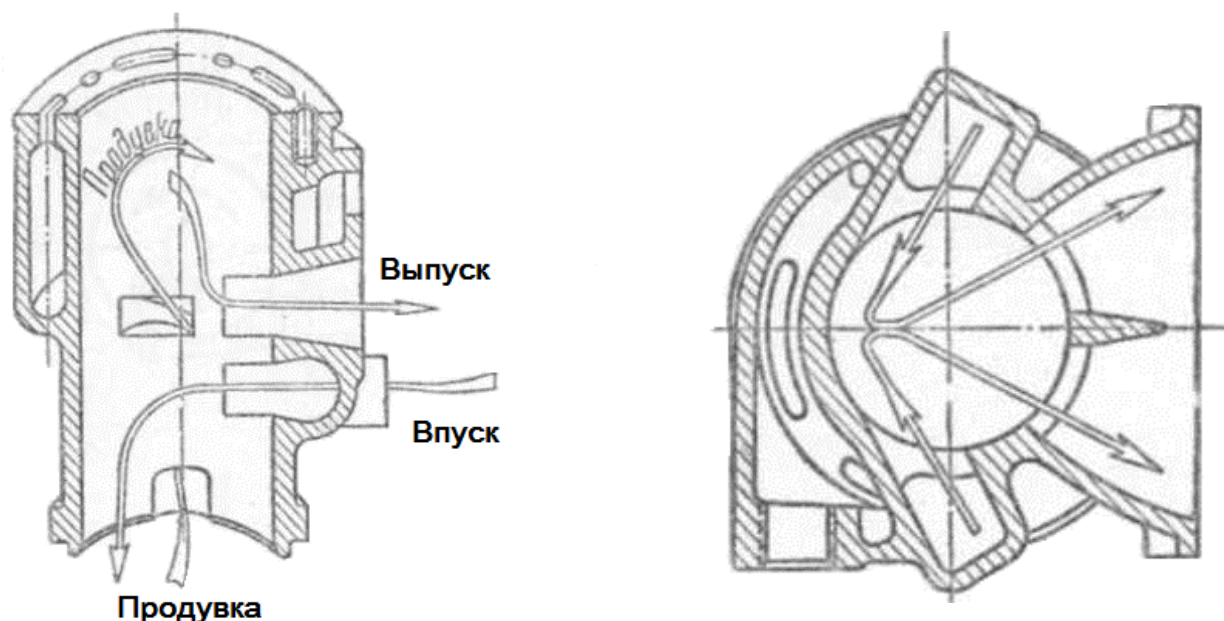


Рисунок 4.1 – Схема движения потока смеси и отработанных газов в цилиндре при двухканальной продувке

При контурной продувке поток воздуха (смеси) движется вдоль внутренней поверхности цилиндра и его головки, повторяя их контур (отсюда название). 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 доньшком 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 раздельно, 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 ДКВ, СААБ, 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) выпускных 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. Как известно, скорость вращения гребного винта выгодно выбирать в пределах 200 – 300 об/мин или ниже – на крупногабаритных судах. Кроме того, при низкой скорости вращения значительно ниже механический износ нагруженных деталей двигателя, что весьма существенно при их больших габаритах и высокой стоимости.

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 некоторых моделей превосходит 50 %.

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

На малогабаритных бензиновых двухтактных двигателях роль продувочного насоса выполняет подпоршневое пространство – кривошипная камера. Такая конструкция предельно проста, так как не требует отдельного продувочного агрегата, что обусловило ее преимущественное распространение на упрощенных мотоциклетных и авиамодельных моторчиках. Но здесь есть ряд недостатков. Во-первых, использование картера двигателя в качестве продувочного насоса не позволяет разместить в картере масляную ванну. Для смазки карбюраторного двигателя 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 (Вартбург) 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 карбюраторные двигатели 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, смешивание с бензином происходит, как правило, во впускном патрубке за карбюратором. 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. Особенно интенсивно охлаждаются выхлопные поршни, как самые теплонапряжённые детали двигателя. Именно с целью их наиболее интенсивного охлаждения дизели серий Д100 имеют верхнее расположение выхлопного коленчатого вала.

Двухтактные карбюраторные двигатели 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 кривошипно-шатунного механизма и отсутствия газораспределительного механизма, а, следовательно, быстрота достижения максимальной скорости.

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 карбюраторные двигатели 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.

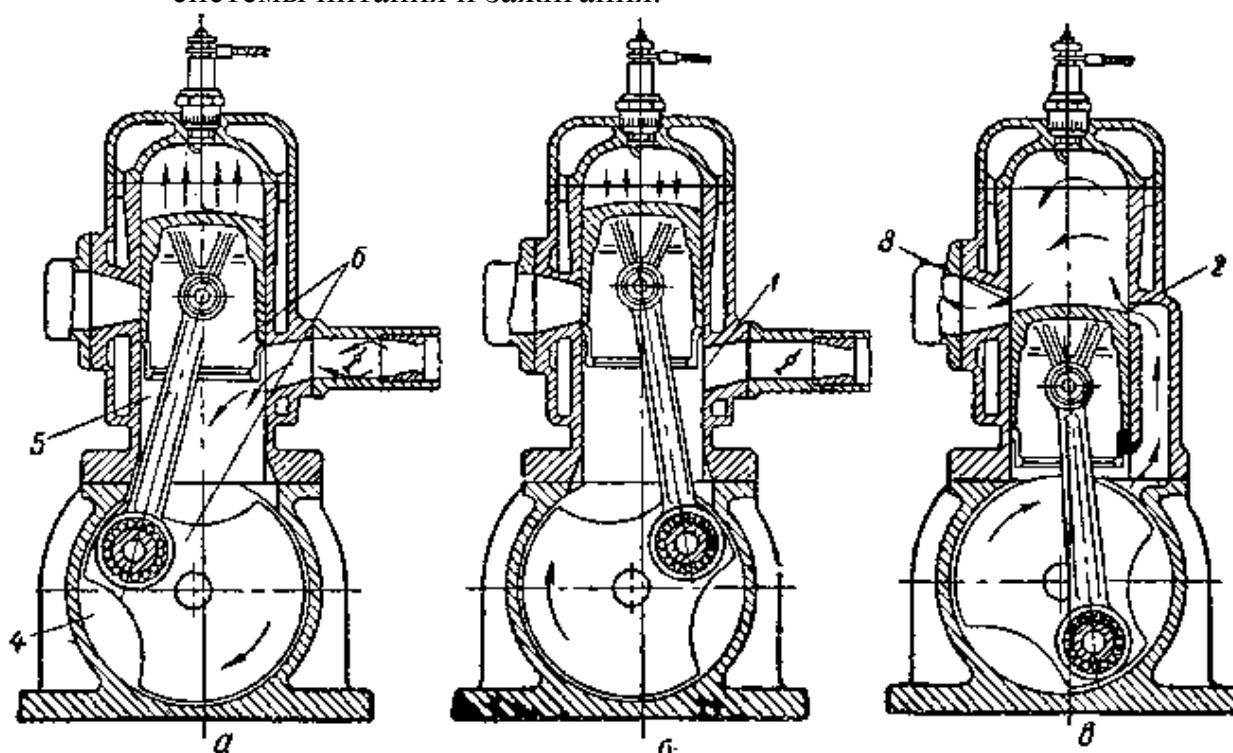


Рисунок 4.2 – Схема устройства и работы двухтактного карбюраторного двигателя:

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 (рисунок 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 18-20 кг/см².

Под давлением газов поршень движется вниз, совершая рабочий ход (рисунок 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 (рисунок 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%.

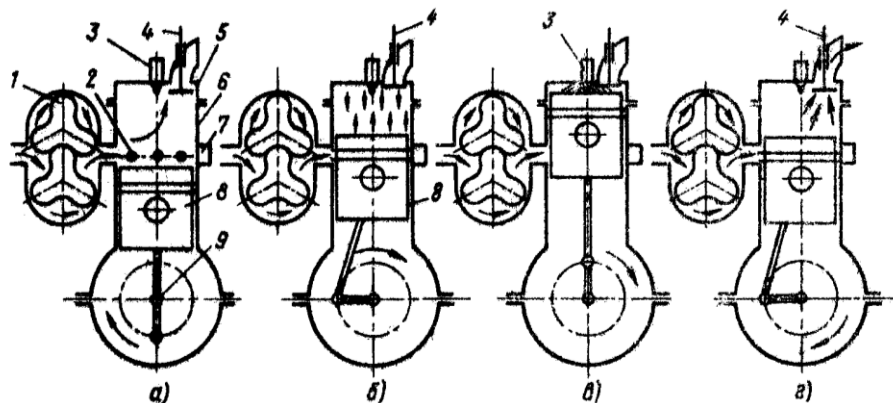


Рисунок 4.3 – Схема рабочего цикла двухтактного дизельного двигателя:
 а – продувка цилиндра от отработавших газов и наполнение его воздухом;
 б – сжатие воздуха; в – начало рабочего хода; г – выпуск отработавших газов; 1 – воздушный компрессор; 2 – окна в цилиндре; 3 – насос форсунка; 4 – выпускной 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 (рисунок 4.4) устанавливаемого на мотоцикле Ява 350.

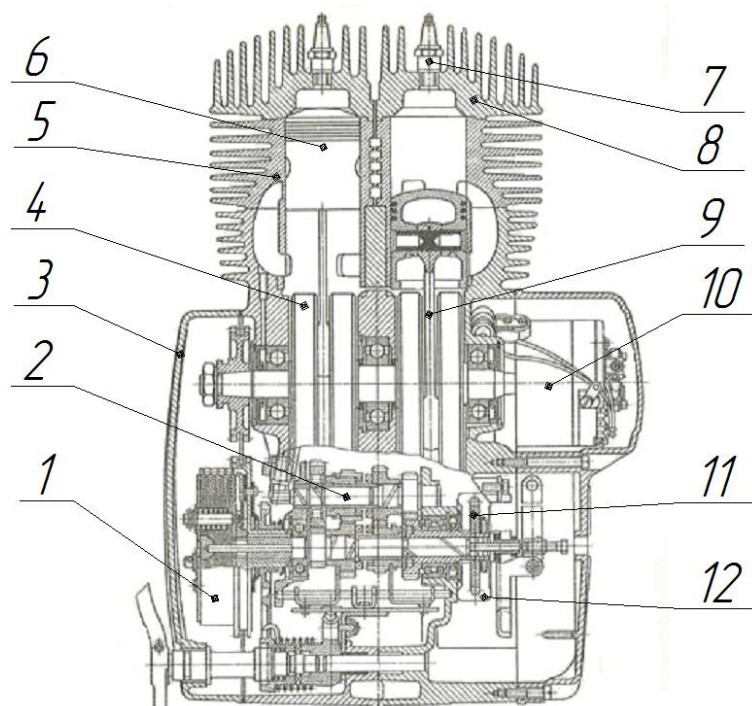


Рисунок 4.4 – Поперечный разрез двигателя модели 634-01:

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
1	3	4
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 объем цилиндра, V_h	дм ³	
Полный рабочий объем цилиндра, V_h'	дм ³	
Полный объем цилиндра, V_a	дм ³	
Объем 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 двухтактных двигателей;
- 6) Недостатки двухтактных двигателей;

- 7) Отличие действительной степени сжатия от геометрической;
- 8) Что такое потерянная доля хода поршня;
- 9) Что такое потерянный рабочий объем.

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 двигателя достигает 1800-2500°C. 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 наивыгоднейшего 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. Как известно, чем выше давление, тем выше температура закипания жидкости. Поэтому закрытые системы допускают нагрев ОЖ до более высоких температур (до 110-120°C).

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 охлаждающей жидкости (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.

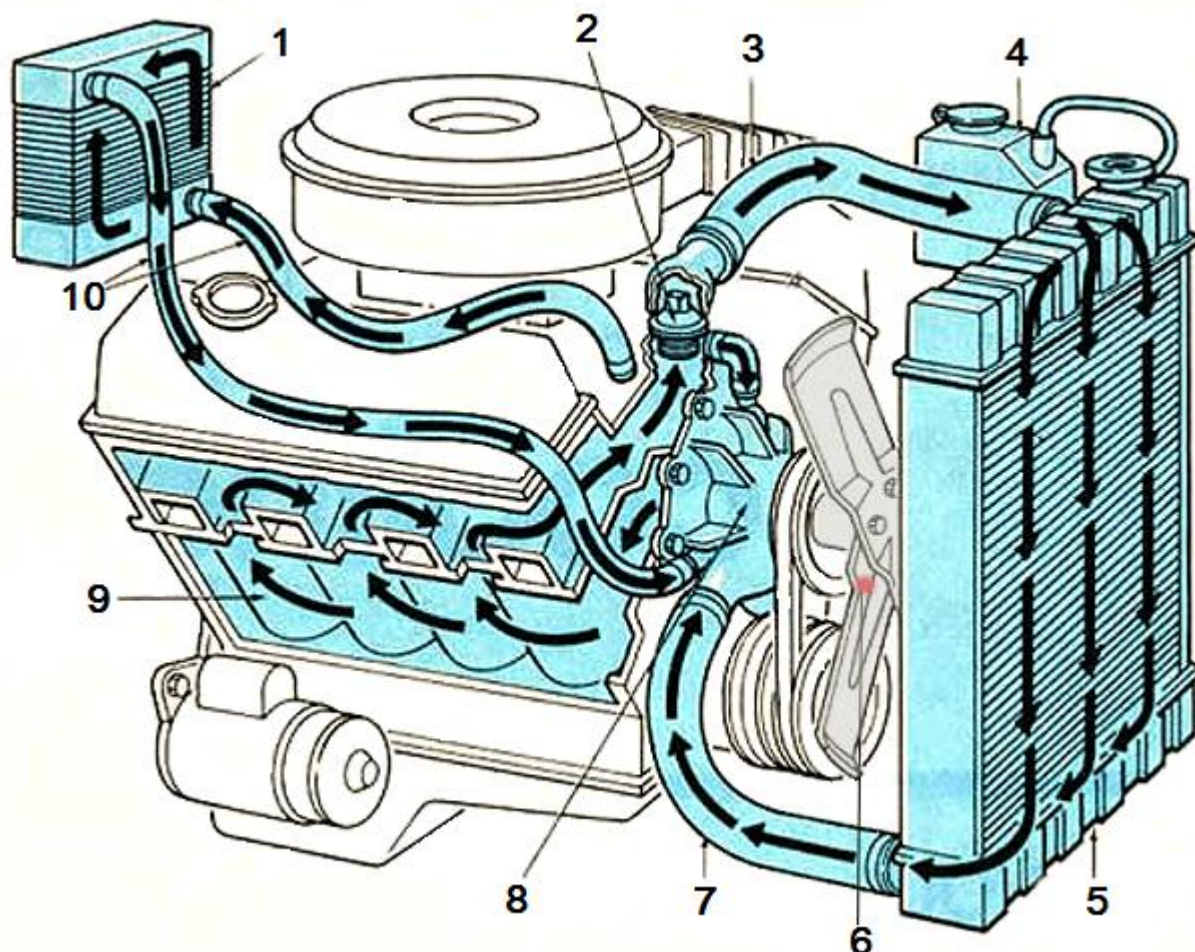


Рисунок 5.1 – Система жидкостного охлаждения двигателя

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, просасывается вентилятором через проходы 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 патрубок 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, привернутой к ступице. Для улучшения обдува воздухом двигателя и радиатора на последнем может быть установлен направляющих кожух. Привод вентилятора может осуществляться несколькими способами. Самый простой – механический, когда вентилятор жестко закрепляется на одной оси с насосом ОЖ. В этом случае вентилятор постоянно включен, что приводит к излишнему расходу мощности двигателя. Кроме того, вентилятор работает даже в неоптимальных режимах, например, сразу после запуска двигателя. Поэтому в современных двигателях такое подключение не используется, а 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 гидромукты 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 используется наиболее часто, так как позволяет довольно просто 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°C. 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°C 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°C 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. Именно 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) — наиболее «древние» жидкости, в которых в качестве ингибиторов коррозии применяются силикаты, фосфаты, бораты, нитриты, амины, нитраты и их комбинации. К этой группе антифризов относится и широко распространенный Тосол (хотя многие ошибочно считают его особым типом ОЖ). Главный их 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 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 ГБЦ, 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 термостатом.

5.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная установка имеет два рабочих места (рисунок 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 (рисунок 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.

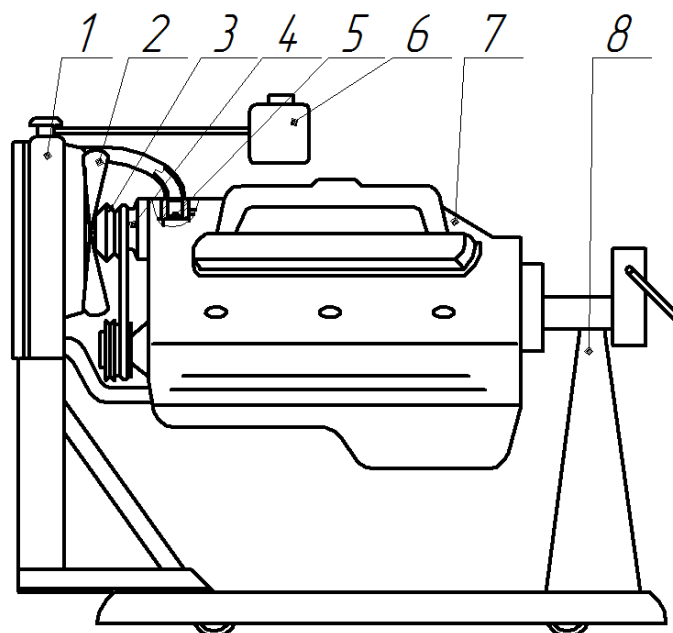


Рисунок 5.2 – Схема установки для определения параметров системы охлаждения:

1 - радиатор; 2 – вентилятор; 3 - гидромуфта привода вентилятора; 4 – водяной насос; 5 – термостат; 6 – расширительный бачок; 7 – двигатель; 8 – поворотный стенд.

Для ускорения охлаждения воды в баке 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.

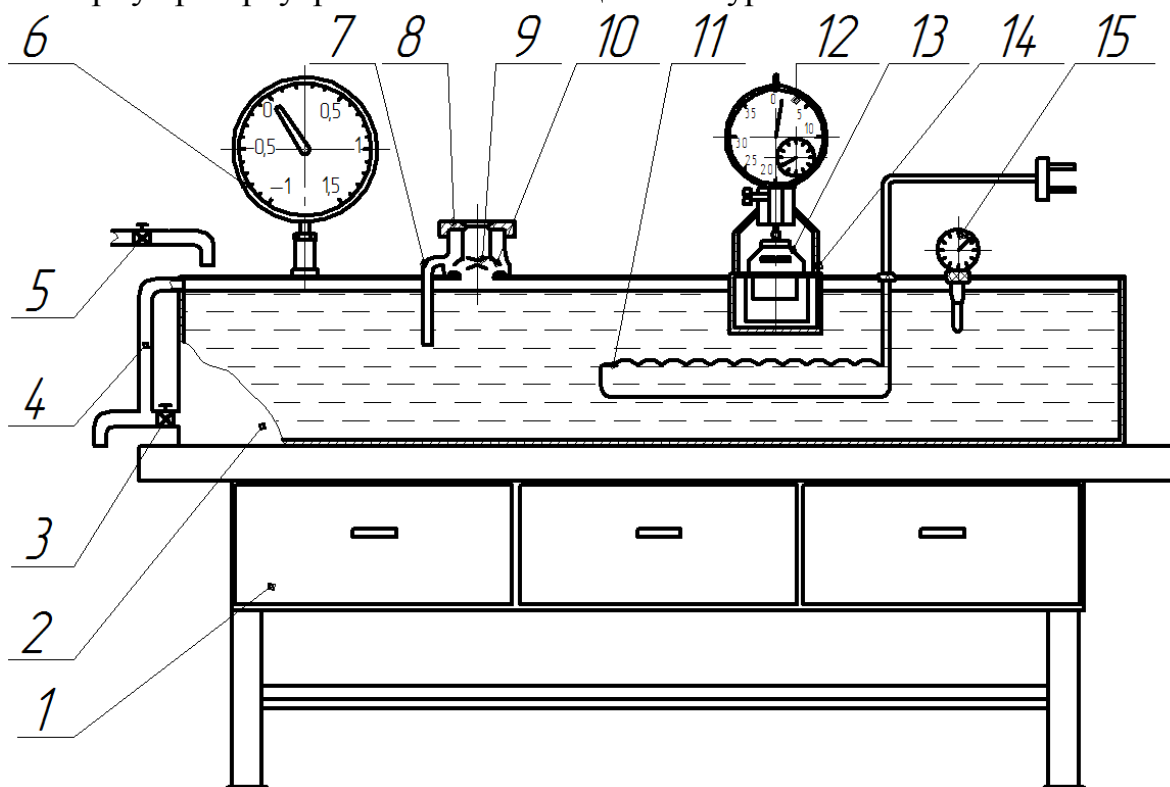


Рисунок 5.3 – Схема лабораторной установки для исследования работы паровоздушного клапана и термостата

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 $2...5^{\circ}$ в интервале температур примерно $50...120^{\circ}\text{C}$ (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	°C	
давление открытия воздушного клапана, P_v	МПа	
температура, при которой открывается воздушный клапан, T_v	°C	
Тип термостата	-	
Температура воды	°C	
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	°C	
Марка применяемого антифриза (тосола)	-	
Состав антифриза	-	
Температура застывания антифриза, T_a	°C	
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, °K	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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Райков Я.Н.. Конструкции автомобильных и тракторных двигателей / Н.Я. Райков, Г.Н. Рывинский - М.: Высшая школа, 1986. – 160 с.
2. Алексеев В.П. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / В.П. Алексеев, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин – М.: Машиностроение, 1980. – 180 с.
3. Гутаревич Ю.Ф.. Снижение токсичности выбросов при эксплуатации автомобиля / Ю.Ф. Гутаревич, О.Д. Климпуа, Н.Н. Худолий – К.: Техника, 1981. – 52 с.
4. Богданов С. Н. Автомобильные двигатели/ С.Н. Богданов, М.М. Буренков, И. Е. Иванов.– Машиностроение, 1987. - 470 с.
5. Тимченко Г.И. Автомобильные двигатели: Учебное пособие для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ Г.И. Тимченко, Ю.Ф. Гутаревич, К.Е. Долганов.– Харьков: Основа, 1985. – 343 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1– 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 Б1– 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	Нм	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 АИ92

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

Заказ № _____ от « ____ » _____ 20 ____ . Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ