

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра технологии материалов и транспорта



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова

» 23 2021 г.

**КОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВЫ РАСЧЕТА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Методические указания к лабораторным работам для студентов
специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические
средства

Курск 2021

Содержание

Введение	4
Порядок выполнения лабораторных работ и требования к выполнению отчета	5
Лабораторная работа № 1. Изучение рабочего процесса автомобильного двигателя	7
Лабораторная работа № 2. Изучение кривошипно-шатунного механизма	20
Лабораторная работа № 3. Изучение механизма газораспределения	43
Лабораторная работа № 4. Изучение системы охлаждения ДВ	60
Лабораторная работа № 5. Изучение системы мазки ДВС	70
Лабораторная работа № 6. Изучение системы питания карбюраторных и инжекторных двигателей	88
Лабораторная работа № 7. Изучение системы питания дизельного двигателя	102
Библиографический список литературы	107

Введение

Дисциплина «Конструкция и основы расчета энергетических установок» занимает особое место в процессе формирования специалистов в области автомобильного транспорта. Для ряда последующих предметов, входящих в учебный план специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, данная дисциплина является одной из базовых. Поэтому глубокие знания, полученные в процессе освоения данной дисциплины, напрямую связаны с высоким качеством подготовки специалистов-транспортников.

Настоящие методические указания предназначены для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Конструкция и основы расчета энергетических установок», являющихся основой получения лабораторных и закрепления теоретических знаний.

Лабораторные занятия по дисциплине «Конструкция и основы расчета энергетических установок» проводятся с целью привития студентам твёрдых знаний по основам расчета автомобильных двигателей внутреннего сгорания. В методических указаниях приведены материалы по проведению лабораторных занятий, для каждого из которых отмечены цель, последовательность выполнения, а также даются все необходимые материалы для выполнения лабораторного занятия.

Порядок выполнения лабораторных работ и требования к выполнению отчёта.

На первом занятии, студентам сообщают содержание и цели лабораторных занятий по дисциплине, проводят инструктаж по технике безопасности в лаборатории, знакомят с документацией и организацией рабочих мест, графиком выполнения работ.

Прежде чем приступить к выполнению работы, студент должен изучить ее содержание, после чего преподаватель путем опроса проверяет готовность студентов к работе.

Предварительной подготовкой к лабораторным занятиям студенты занимаются дома. При домашней подготовке необходимо изучить содержание занятия по методическим указаниям и повторить теоретический материал. При незнании теоретических выкладок студенты к выполнению лабораторного занятия не допускаются.

После выполнения лабораторной работы студенты предъявляют преподавателю отчет. После защиты результатов работы и оценки ее качества преподавателем студенты допускаются к следующей работе.

Отчет по лабораторным занятиям выполняется на писчей бумаге стандартного формата А4 (297×210). Все листы сшиваются в папке скоросшивателем или переплетаются. Допускается выполнение отчета по лабораторным работам в общей тетради.

Содержание отчета следует иллюстрировать таблицами, схемами, рисунками и т.д. Графическому материалу по тексту необходимо давать пояснение в виде ссылок на рисунки и схемы, а внизу под графическим материалом обязательно выполнять подрисовочную надпись.

В тексте отчета не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых.

В отчете используется сплошная нумерация страниц. На титульном листе номер страницы не проставляется.

Титульный лист является первой страницей отчета и заполняется по определенным правилам. В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения и кафедры, по которой выполняются работы.

В среднем поле пишется: «Отчет по лабораторным занятиям по дисциплине...» Далее ближе к левому краю указываются фамилия,

имя и отчество студента, курс, группа (шифр), а к правому краю (чуть ниже) указываются фамилия, имя, отчество преподавателя, а также его ученая степень и ученое звание.

В нижнем поле указывается место выполнения работ и год выполнения (без слова «год»).

Титульный лист оформляется печатным шрифтом (или набранным на компьютере). В случае выполнения отчета в тетради титульный лист оформляется печатным шрифтом от руки.

После титульного листа помещается содержание (оглавление), где приводятся все заголовки работ и указываются страницы, на которых они помещены. Необходимо помнить, что все заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом, а заголовки последующей ступени смещают на три – пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени.

Различного рода вспомогательные или дополнительные материалы помещают в приложении.

Схемы, рисунки, графики необходимо выполнять карандашом, черной пастой или тушью на листах писчей, чертежной или миллиметровой бумаги, которые вкладываются в отчёт. При необходимости можно использовать листы нестандартного формата.

Лабораторная работа № 1

Тема. Изучение рабочего процесса автомобильного двигателя.

Цель занятия – 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.

Краткие теоретические сведения

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.

Автотранспортные 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, дизели;
- 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;
- 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;

- 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). Длина шатуна L является расстоянием между осями его верхней и нижней головок. Отношение R/L в автотракторных двигателях составляет $1/3,5 \dots 1/4,5$.

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

Объем, освобожденный при перемещении поршня от ВМТ до НМТ, называется рабочим объемом цилиндра и обозначается V_h . Сумма рабочих объемов всех цилиндров во много цилиндровом 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

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

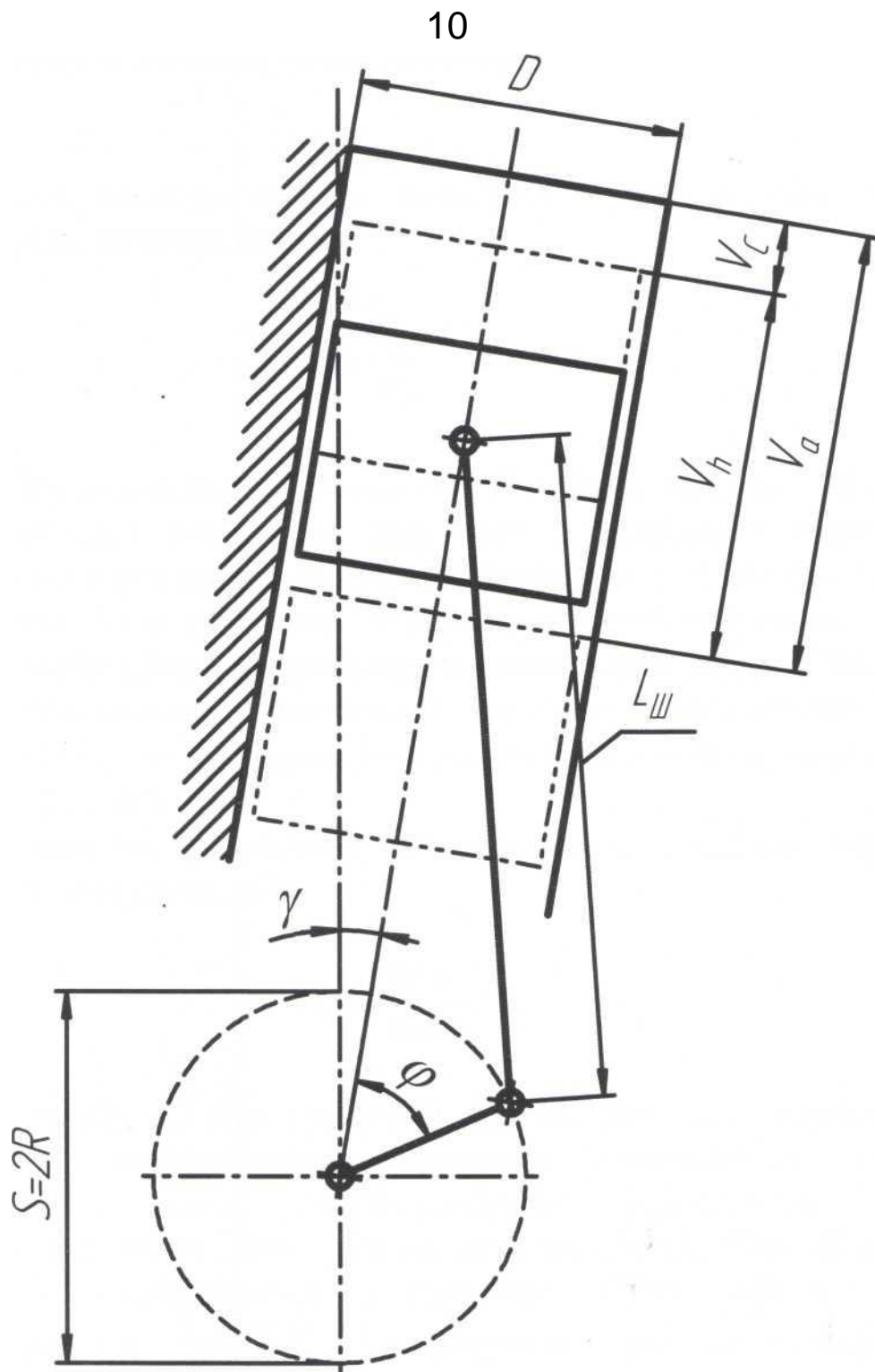


Рисунок 1 – Кинематическая схема и геометрические характеристики кривошипно-шатунного механизма и цилиндро-поршневой группы

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

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

Для карбюраторных двигателей $\varepsilon = 6,5...10$ для дизелей – 12...22. Энергетические показатели двигателя оцениваются эффективными мощностью и крутящим моментом.

Эффективный момент M_e зависит от давления газов и рабочего объема цилиндров двигателя. Для карбюраторных малообъемных двигателей $M_{e\max} = 70..120$ Н·м, для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей $M_{e\max} = 200...450$ Н·м, для грузовых автомобилей большой грузоподъемности $M_{e\max} = 500...2500$ Н·м.

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

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

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 (1 дм³ или 1 л) $N_g = N_e / V_h$ 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 (1 дм³ = 1 л).

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

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

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.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из разрезных макетов двигателя внутреннего сгорания ЗМЗ-406 (рисунки 2, 3). Двигатель установлен на поворотной подставке, позволяющей при необходимости производить разборку.

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

Порядок проведения экспериментальных исследований

Определяются параметры двигателя под наблюдением преподавателя или учебного мастера (лаборанта).

При выполнении работы студенты должны соблюдать правила по охране труда и пожарной безопасности.

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).

Порядок выполнения работы

Работа проводится в следующем порядке.

1) Перед началом работы убедиться в комплектности двигателя, наличии и исправности необходимого инструмента и приспособлений.

2) Убедиться в надёжной фиксации разрезной модели двигателя.

3) Определить основные параметры двигателя, занести их в таблицу 1.

3) Вычертить заданные преподавателем схемы или эскизы деталей и систем двигателя.

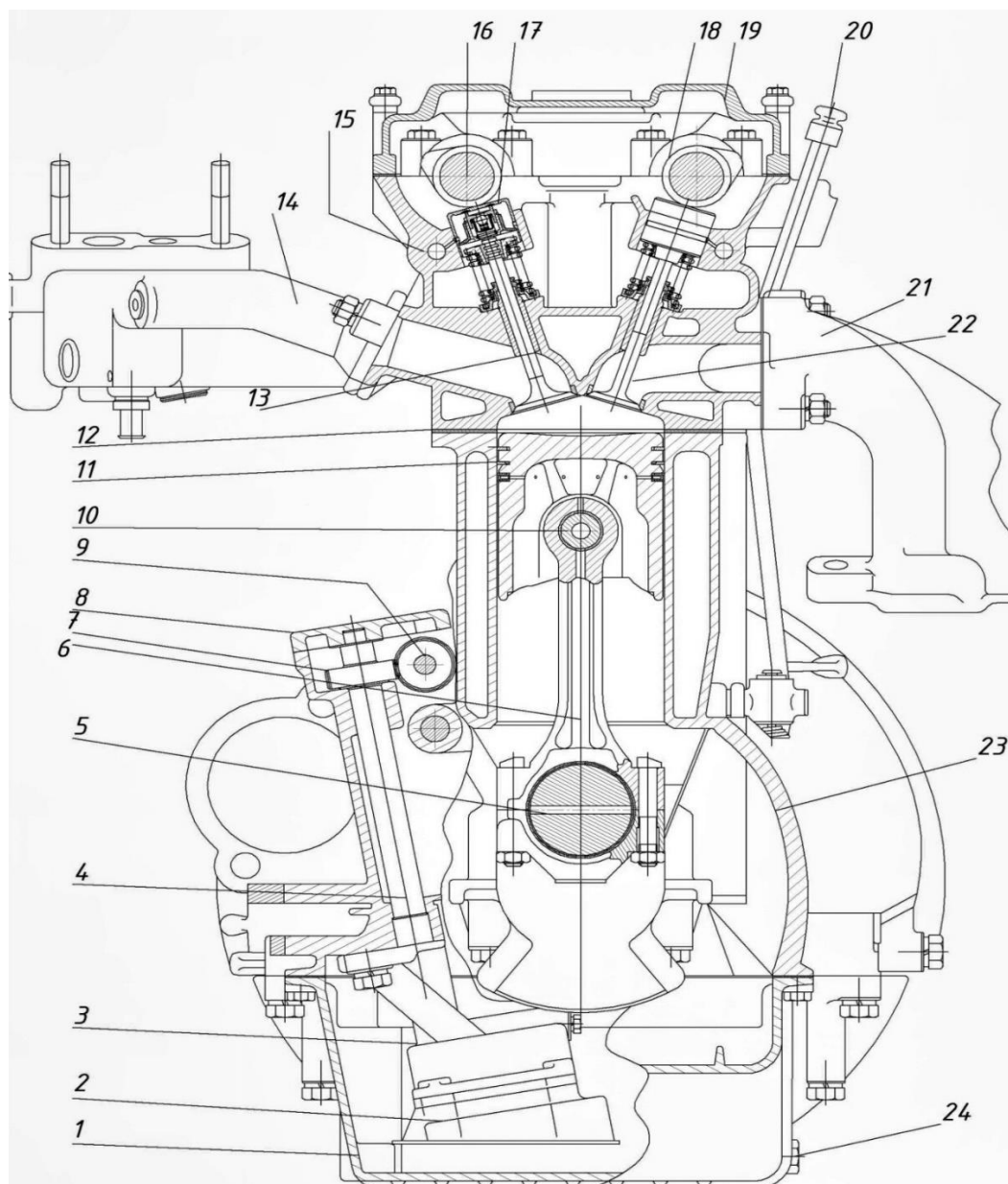
После проверки преподавателем полученных данных привести в порядок рабочее место, сдать двигатель и инструмент учебному мастеру (лаборанту).

Таблица 1 – Бланк отчета

Параметры	Обозначение	Единицы измерения	Значение
1	2	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	-	
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	

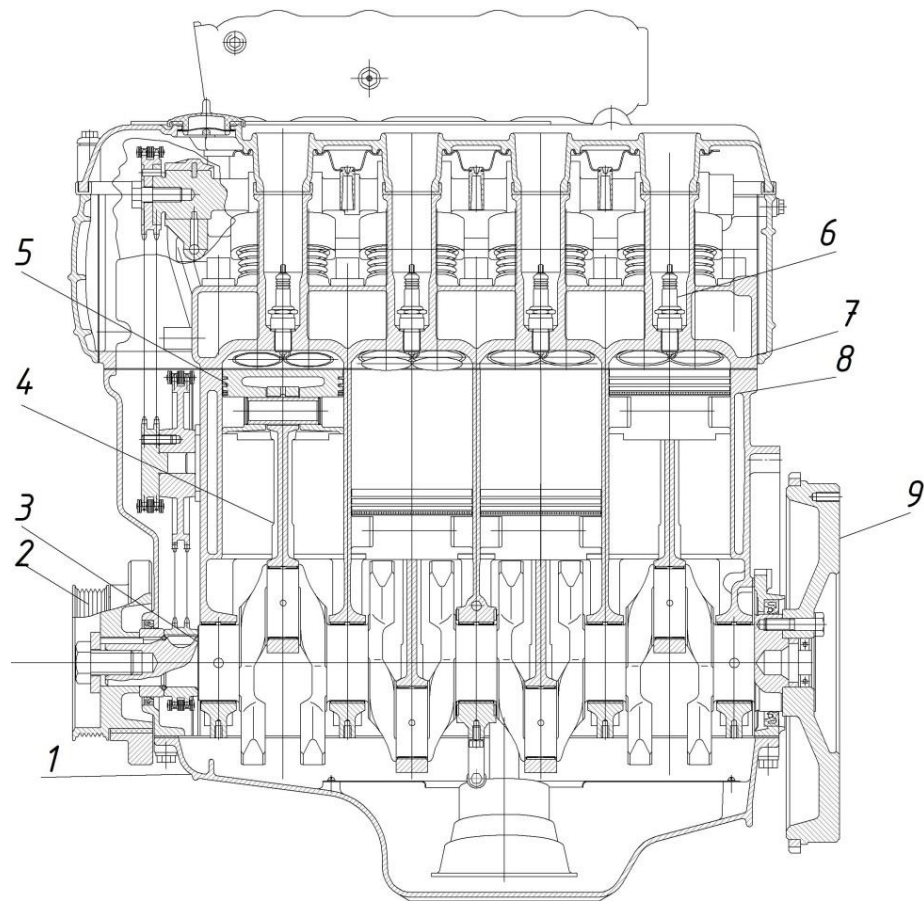
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Максимальная мощность	N_{emax}	кВт	
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	n_{eN}	мин ⁻¹	
Максимальный крутящий момент	M_{emax}	Н·м	
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	n_{eN}	мин ⁻¹	
Мощность, приходящаяся на единицу полного объема двигателя		кВт/дм ³	
Эффективный удельный расход топлива	g_e	г/(кВт·ч)	
Тип системы смазки		-	
Марка применяемого масла летом и зимой		-	
Тип механизма газораспределения		-	
Расположение:			
-клапанов		-	
-распределительного вала		-	
Тип системы вентиляции картера		-	
Способ охлаждения		-	
Марка охлаждающей жидкости		-	
Объемная мощность двигателя	N_g	кВт/дм ³	
Поршневая мощность	N_n	кВт	



1 – поддон картера; 2 – маслозаборник; 3 – масляный насос; 4 – валик привода масляного насоса; 5 – коленчатый вал; 6 – шатун; 7, 9 – ведомая и ведущая шестерни; 8 – крышка привода; 10 – поршневой палец; 11 – поршень; 12 – прокладка головки блока цилиндров; 13 – подающий клапан; 14 – подающий шланг; 15 – головка блока цилиндров; 16 – распределительный вал впускных клапанов; 17 – гидротолкатели; 18 – распределительный вал выпускных клапанов; 19 – крышка головки блока цилиндров; 20 – масломерный щуп; 21 – выпускной коллектор; 22 – выпускной клапан; 23 – блок цилиндров; 24 – пробка маслосливная.

Рисунок 2 – Поперечный разрез двигателя ЗМЗ-406



1 – поддон картера; 2 – шкив коленчатого вала; 3 – коленчатый вал;
 4 – шатун; 5 – поршень; 6 – свеча зажигания; 7 – головка блока
 цилиндров; 8 – блок цилиндров; 9 – маховик
 Рисунок 3 – Продольный разрез двигателя ЗМЗ-406

Таблица 2 – Техническая характеристика двигателя ЗМЗ-406

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение	
1	2	3	4	
1) Диаметр цилиндра и ход поршня	мм	$D \times S$	92x86	
2) Рабочий объем двигателя	л	V_r	2,286	
3) Степень сжатия	-	ϵ	9,3	
4) Номинальная мощность:	кВт (л.с.)	N_{max}		
– брутто			106,3(145)	
– нетто			90,3(123)	
5) Частота вращения коленчатого вала:	мин ⁻¹			
– номинальная			n_N	5200
– максимальная			n_{max}	6000
– минимальная на холостом ходу			$n_{х.х}$	850
6) Максимальный крутящий момент:	Н·м (кгс·м)	M_{max}		
– брутто			206(21)	
– нетто			175(18)	
7) Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	мин ⁻¹	n_M	4000...4500	
8) Порядок работы цилиндров	-	-	1-3-4-2	
9) Направление вращения коленчатого вала	-	-	Правое	
10) Топливо	-	-	Автомобильный бензин АИ-92	

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

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

2) Рабочий объем цилиндра:

$$V_h = S \cdot F_{\Pi}, \quad (1.6)$$

где F_{Π} – площадь поршня, дм^2 ;

3) Объем камеры сжатия

$$V_C = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} \quad (1.7)$$

4) Рабочий объем двигателя

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

5) Объемная мощность двигателя

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

где N_{emax} – максимальная эффективная мощность двигателя, кВт;
 V_r – рабочий объем цилиндров двигателя дм^3 , (л);

6) Поршневая мощность

$$N_{\Pi} = \frac{N_{emax}}{i} \quad (1.10)$$

где i – число цилиндров;

Результаты вычислений записать в таблицу А1.

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.

Лабораторная работа № 2

Тема: *Изучение кривошипно-шатунного механизма.*

Цель занятия – изучить назначение, конструкцию и принцип действия кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей.

Методические указания

В начале занятия студентам необходимо тщательно изучить информационный материал, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после приведенный чего кратко изложить изученный материал в тетради для лабораторных занятий в следующей последовательности:

1. Вычертить схему и описать назначение и принцип работы кривошипно-шатунного механизма (КШМ).
2. Вычертить схемы КШМ с различным расположением цилиндров двигателя.
3. Описать порядок работы цилиндров для различных двигателей.
4. Описать назначение и конструкцию отдельных деталей КШМ

Краткие теоретические сведения

Кривошипно-шатунный механизм

1. Назначение и схемы компоновок

Кривошипно-шатунный механизм служит для восприятия давления газов, возникающего в цилиндре, и преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

Все детали кривошипно-шатунного механизма делятся на подвижные и неподвижные. К неподвижным деталям относятся цилиндр 5 (рис. 1), его головка 7 и картер 4, которые образуют остов двигателя. Подвижные детали — поршень 6 с пальцем 12, шатун 13, коленчатый вал 3 и маховик 16.

Наиболее распространенные схемы компоновок кривошипно-шатунных механизмов автомобильных двигателей представлены на рис. 2.

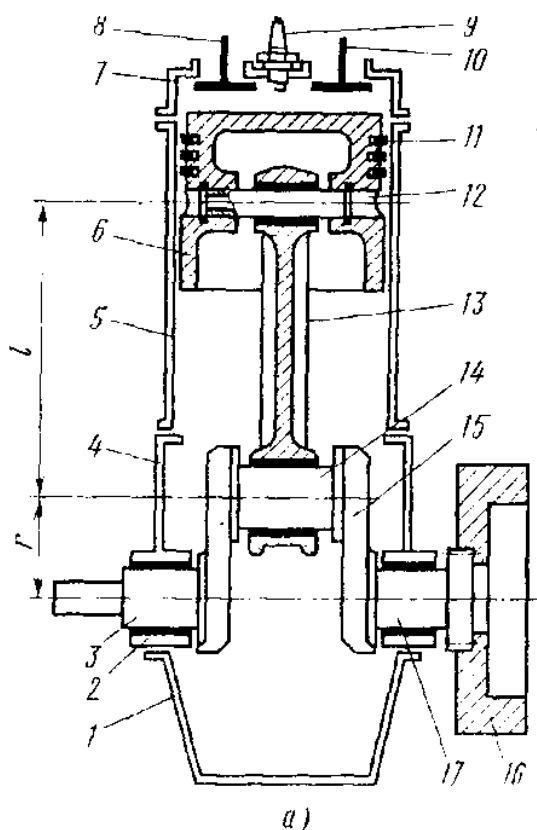


Рисунок 1 – Схема кривошипно-шатунного механизма

1- масляный поддон; 2- подшипники; 3- коленчатый вал; 4- картер; 5- цилиндр; 6- поршень; 7- головка; 8- впускной клапан; 9- свеча; 10- выпускной клапан; 11- кольца; 12- палец; 13- шатун; 14- шатунная шейка; 15- щека; 16- маховик; 17- коренная шейка

Цилиндры двигателя могут быть расположены следующим образом: вертикально в один ряд — однорядные (рис. 2, а) в двигателях автомобилей ВАЗ-2121 «Жигули», ГАЗ-52-04, ГАЗ-3102 «Волга», ЗИЛ-157КД и др.; под углом α к вертикали (рис. 2, б) в двигателе автомобиля «Москвич-2140»; в два ряда — V-образные (рис. 2, в) в двигателях автомобилей ГАЗ-3307, ЗИЛ-431410, МАЗ-5335, КамАЗ-5320, КАЗ-4540, «Урал-4320» и др.; горизонтально с углом 180° между рядами цилиндров — двигатели с противоположно лежащими цилиндрами (рис. 2, г), т. е. с противоположно движущимися поршнями. Эти двигатели иногда называют оппозитными. При таком расположении цилиндров уменьшается высота двигателя и его можно устанавливать под полом кузова, например в автобусах.

При двухрядном V-образном расположении цилиндров двигатель имеет большую жесткость конструкции, меньшие размеры и массу, чем однорядный той же мощности. Жесткий коленчатый вал (вследствие уменьшения его длины) допускает работу без гасителя крутильных колебаний и позволяет форсировать по степени

сжатия. К недостаткам V-образных двигателей можно отнести их значительную ширину и более сложную конструкцию.

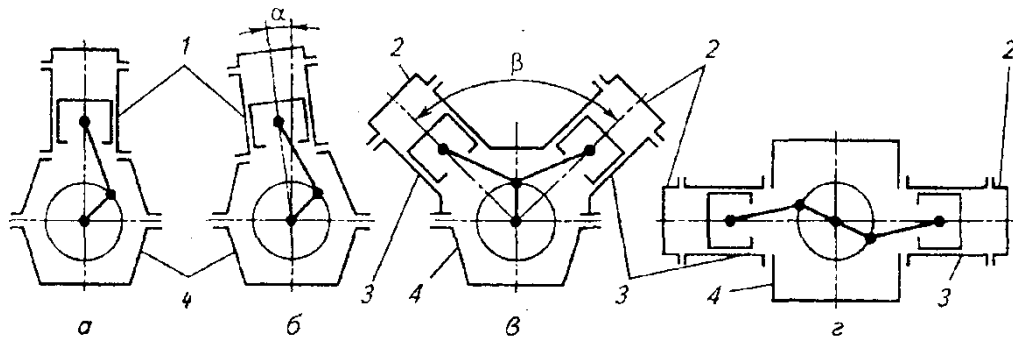


Рисунок 2 — Схемы расположения цилиндров двигателя: а — однорядного; б — однорядного с наклоном к вертикали; в — V-образного; г — с противоположно лежащими цилиндрами; 1 — цилиндр; 2 — головка блока; 3 — блок цилиндров; 4 — поддон.

На отечественных автомобилях устанавливают четырех-, шести- и восьмицилиндровые двигатели. Многоцилиндровые двигатели обычно делают V-образными с углом β между цилиндрами 60° , 75° и 90° (чаще).

Четырехцилиндровый двигатель. Равномерность работы многоцилиндрового двигателя обеспечивается в том случае, если чередование одноименных тактов в его цилиндрах происходит за цикл через равные углы поворота коленчатого вала, т. е. за поворот вала на угол 720° .

Для определения угла, через который в цилиндрах будут повторяться одноименные такты (допустим, такты расширения), необходимо 720° разделить на число цилиндров. В четырехцилиндровом двигателе такт расширения совершается через $720/4 = 180^\circ$ поворота коленчатого вала. За каждые два оборота коленчатого вала в четырехтактном четырехцилиндровом двигателе происходит четыре такта расширения, четыре такта выпуска и т. д., т. е. рабочий цикл повторяется 4 раза.

Поскольку чередование одноименных тактов происходит через 180° поворота коленчатого вала, то и шатунные шейки вала должны быть расположены под углом 180° одна к другой, т. е. лежать в одной плоскости. Шатунные шейки первого и четвертого цилиндров направлены в одну сторону относительно оси коленчатого вала, а шатунные шейки второго и третьего цилиндров — в проти-

воположные (рис. 3, *a*). Такая форма коленчатого вала обеспечивает равномерное чередование рабочих ходов в цилиндрах двигателя. Последовательность чередования (за два оборота) одноименных тактов в различных цилиндрах двигателя называют *порядком работы цилиндров* двигателя. Порядок работы четырехцилиндровых четырехтактных двигателей может быть 1—3—4—2 (табл. 1) или 1—2—4—3.

При выборе порядка работы двигателя конструкторы стремятся как можно равномернее распределить нагрузку на шатунные и коренные шейки коленчатого вала. Максимальные нагрузки на шейки коленчатого вала возникают в те моменты, когда в цилиндрах совершаются такты расширения (рабочие ходы).

При порядке работы 1—2—4—3 в течение рабочего хода в первом цилиндре за первый поворот коленчатого вала на угол $0...180^\circ$ во втором цилиндре будет происходить сжатие, а в третьем — выпуск. Двигатели автомобилей «Москвич-2140», семейства ВАЗ, «Жигули» и другие имеют порядок работы 1—3—4—2, а двигатели автомобилей УАЗ, ГАЗ-3102 «Волга», ГАЗ-2410 «Волга» — 1—2—4—3.

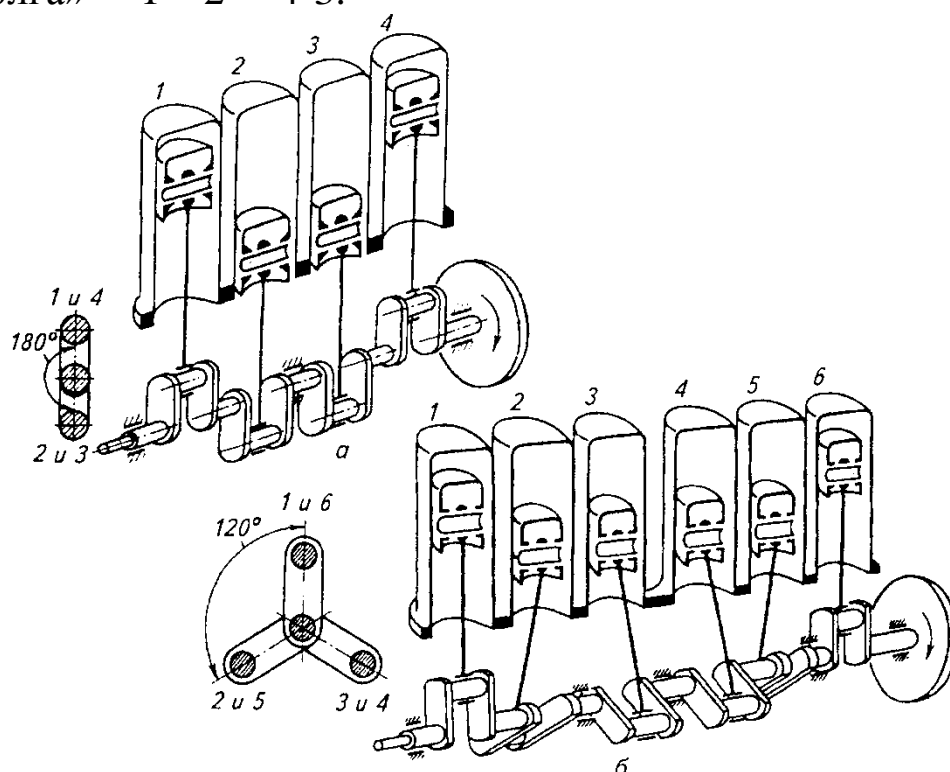


Рисунок 3 — Схемы кривошипно-шатунных механизмов четырехтактных рядных двигателей: *a* — четырехцилиндрового; *б* — шестицилиндрового; 1...6 — цилиндры

Рассмотрим последовательность чередования тактов в цилиндрах по таблице 1. Так, в первом цилиндре за первую половину оборота коленчатого вала ($0...180^\circ$) происходит рабочий ход. За вторую его половину ($180...360^\circ$) рабочий ход будет осуществляться в третьем цилиндре, за первую половину второго оборота ($360...540^\circ$) — в четвертом цилиндре, а за вторую половину второго оборота ($540...720^\circ$) — во втором цилиндре.

Шестицилиндровый рядный двигатель. Одноименные такты у однорядного шестицилиндрового двигателя совершаются через 120° поворота коленчатого вала, так как $720/6 = 120^\circ$.

Колена коленчатого вала расположены попарно в трех плоскостях под углом 120° . Допустим, что первое и шестое колена направлены вверх, тогда второе и пятое колена — влево вниз, а третье и четвертое — вправо вниз, если смотреть на коленчатый вал с переднего торца (рис. 3 б).

Таблица 1 - Чередование тактов рядного четырехцилиндрового двигателя

Обороты коленчатого вала	Угол поворота коленчатого вала, град	Цилиндры			
		1	2	3	4
Первый	0...180	Рабочий ход	Выпуск	Сжатие	Впуск
	180...360	Выпуск	Впуск	Рабочий ход	Сжатие
Второй	360...540	Впуск	Сжатие	Выпуск	Рабочий ход
	540...720	Сжатие	Рабочий ход	Впуск	Выпуск

Шестицилиндровый двигатель (например, автомобилей ЗИЛ-157КД и ГАЗ-52-04) имеет порядок работы 1—5—3—6—2—4 (табл. 2). Это означает, что если в первом цилиндре происходит рабочий ход, то после поворота коленчатого вала на угол 120° рабочий ход начинается в пятом цилиндре и т. д. При этом в одном цилиндре рабочий ход еще не заканчивается, а через 120° он начинается в другом, т. е. при повороте коленчатого вала на угол 60° рабочий ход в одном цилиндре перекрывается рабочим ходом в другом цилиндре, и коленчатый вал вращается равномернее. В

шестицилиндровом двигателе поршни только двух цилиндров одновременно приходят в одноименные мертвые точки. Силы инерции масс, движущихся возвратно-поступательно, в этом двигателе взаимно уравновешены.

Шестицилиндровый V-образный двигатель. К таким двигателям относятся четырехтактные дизели ЯМЗ-236 и ЯМЗ-КАЗ-642 (рис. 4 а). Угол развала между их цилиндрами равен 90° . Первым цилиндром считается первый правый по ходу.

Таблица 2 - Чередование тактов рядного шестицилиндрового двигателя

Обороты коленчатого вала	Угол поворота коленчатого вала, град	Цилиндры					
		1	2	3	4	5	6
Первый	0...60	Рабочий ход	Выпуск	Впуск	Рабочий ход	Сжатие	Впуск
	60...120			Сжатие			
	120...180	Выпуск	Впуск	Рабочий ход	Впуск	Рабочий ход	Сжатие
	180...240						
	240...300						
	300...360						
Второй	360...420	Впуск	Рабочий ход	Выпуск	Сжатие	Впуск	Рабочий ход
	420...480						
	480...540	Сжатие	Впуск	Рабочий ход	Впуск	Рабочий ход	Сжатие
	540...600						
	600...660						
	660...720						

Особенность конструкции этих двигателей в том, что коленчатый вал имеет три кривошипа, к каждому из которых присоединено по два шатуна: к первому кривошипу — шатуны первого и четвертого цилиндров; ко второму — второго и пятого цилиндров и к третьему — третьего и шестого цилиндров. Колена коленчатого вала расположены в трех плоскостях под углом 120° одно к другому.

Порядок работы цилиндров такого двигателя 1—4—2—5—3—6. Одноименные такты в цилиндрах происходят неравномерно через 90 и 150° (табл. 3). Если в первом цилиндре осуществляется рабочий ход, то в четвертом он начинается через 90° , во втором —

через 150, в пятом — через 90, в третьем — через 150 и в шестом — через 90°. Поэтому двигатели ЯМЗ-236 и ЯМЗ-КАЗ-642 имеют повышенную неравномерность хода, и на их коленчатом валу приходится устанавливать маховики с относительно большим моментом инерции (на 60...70% больше, чем в однорядном двигателе).

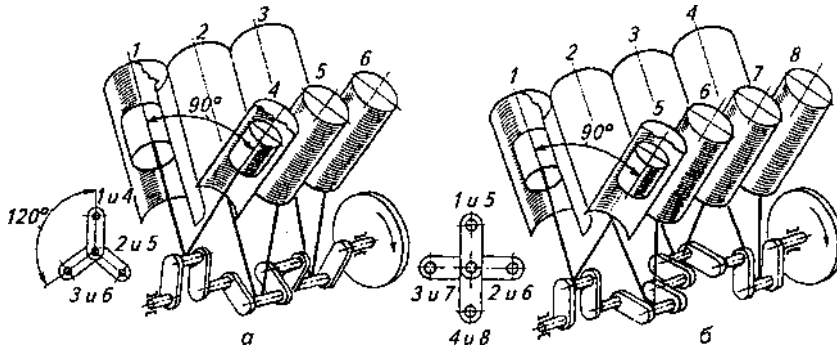


Рисунок 4 — Схемы кривошипно-шатунных механизмов четырехтактных V-образных двигателей: а — шестицилиндрового; б — восьмицилиндрового; 1...8 — цилиндры.

Восьмицилиндровый V-образный двигатель. Цилиндры в таких двигателях (например, автомобилей ГАЗ-3307 и КамАЗ-5320) расположены под углом 90° один к другому (рис. 4 б). Одноименные такты в цилиндрах начинаются через угол поворота коленчатого вала $720/8 = 90^\circ$. Следовательно, кривошипы коленчатого вала расположены крестообразно под углом 90°.

К первому кривошипу присоединены шатуны первого и пятого цилиндров, ко второму — второго и шестого цилиндров, к третьему — третьего и седьмого цилиндров, к четвертому — четвертого и восьмого цилиндров. В восьмицилиндровом четырехтактном двигателе за два оборота коленчатого вала совершается восемь рабочих ходов. Перекрытие рабочих ходов в различных цилиндрах происходит в течение поворота коленчатого вала на угол 90°, что способствует его равномерному вращению. Порядок работы восьмицилиндрового двигателя 1—5—4—2—6—3—7—8. Зная порядок работы цилиндров двигателя, можно правильно распределить провода по свечам зажигания, присоединить топливопроводы к форсункам и отрегулировать клапаны.

Таблица 3 - Чередование тактов в V-образном шестицилиндровом двигателе

Обороты коленчатого вала	Угол поворота коленчатого вала, град	Цилиндры						
		1	2	3	4	5	6	
Первый	0...30	Рабочий ход	Впуск	Выпуск	Сжатие	Впуск	Рабочий ход	
	30...60						Выпуск	
	60...90							Сжатие
	90...120		Впуск					
	120...150			Рабочий ход				
	150...180				Сжатие			
	180...210	Выпуск	Впуск					
	210...240			Рабочий ход				
	240...270				Сжатие			
	270...300		Впуск					
	300...330			Рабочий ход				
	330...360				Сжатие			
Второй	360...390	Впуск	Впуск			Сжатие	Выпуск	Рабочий ход
	390...420			Выпуск				
	420...450				Рабочий ход			
	450...480		Впуск					
	480...510			Сжатие				
	510...540				Сжатие	Впуск		
	540...570	Рабочий ход						
	570...600		Выпуск					
	600...630			Впуск				
	630...660	Сжатие						
	660...690		Рабочий ход					
	690...720			Выпуск				

3. Конструкция деталей кривошипно-шатунного механизма

В кривошипно-шатунный механизм входят блок цилиндров с картером и головкой цилиндров, шатунно-поршневая группа и коленчатый вал с маховиком.

Блок цилиндров 11 (рис 5) с картером 10 и головка 8 цилиндров являются неподвижными частями кривошипно-шатунного механизма.

К подвижным частям механизма относятся коленчатый вал 34 с маховиком 43 и детали шатунно-поршневой группы: поршни 24,

поршневые кольца 18 и 19, поршневые пальцы 26 и шатуны 27.

Блок цилиндров

Блок цилиндров вместе с картером является остовом двигателя. На нем и внутри него размещаются механизмы и устройства двигателя. В блоке 11, выполненном заодно с картером 10 из специального низколегированного чугуна, изготовлены цилиндры двигателя. Внутренние поверхности цилиндров отшлифованы и называются зеркалом цилиндров. Внутри блока между стенками цилиндров и его наружными стенками имеется специальная полость 9, называемая рубашкой охлаждения. В ней циркулирует охлаждающая жидкость системы охлаждения двигателя.

Внутри блока также имеются каналы и масляная магистраль смазочной системы, по которым подводится масло к трущимся деталям двигателя. В нижней части блока цилиндров (в картере) находятся опоры 2 для коренных подшипников коленчатого вала, которые имеют съемные крышки 1, прикрепляемые к блоку самоконтрящимися болтами. В передней части блока расположена полость 3 для цепного привода газораспределительного механизма. Эта полость закрывается крышкой, отлитой из алюминиевого сплава.

В левой части блока цилиндров находятся отверстия 17 для подшипников вала привода масляного насоса, в которые запрессованы сталеалюминиевые втулки. С правой стороны блока в передней его части имеются фланец для установки насоса охлаждающей жидкости и кронштейн для крепления генератора. На блоке цилиндров имеются специальные приливы для: 12 - крепления кронштейнов подвески двигателя; 13 - маслоотделителя системы вентиляции картера двигателя; 14 - топливного насоса; 15 - масляного фильтра; 16 - распределителя зажигания.

Снизу блок цилиндров закрывается масляным поддоном, а к заднему его торцу прикрепляется картер сцепления. Для повышения жесткости нижняя плоскость блока цилиндров несколько опущена относительно оси коленчатого вала.

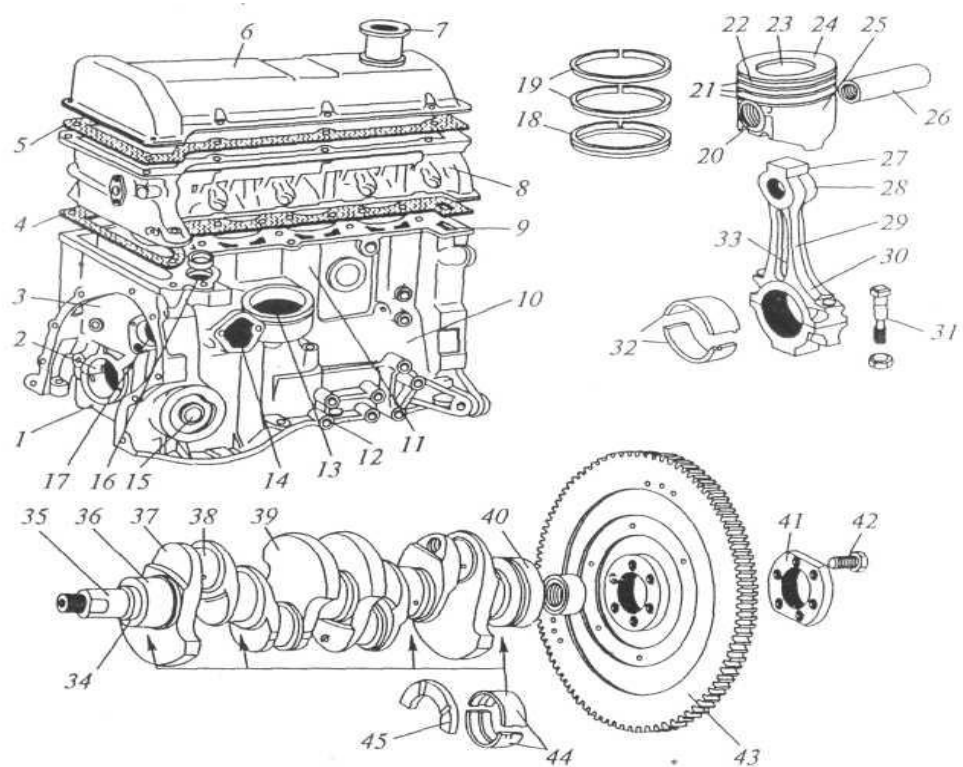


Рисунок 5 – Кривошипно-шатунный механизм двигателей легковых автомобилей ВАЗ:

1, 6 - крышки; 2 - опора; 3, 9 - полости; 4, 5 — прокладки; 7 — горловина; 8 — головка цилиндров; 10 - картер; 11 — блок цилиндров; 12— 16 - приливы; 17, 33 — отверстия; 18, 19 — поршневые кольца; 20 — бобышка; 21 - канавки; 22 — головка поршня; 23 - днище; 24 - поршень; 25 - юбка; 26 — поршневой палец; 27 — шатун; 28, 30 — головки шатуна; 29 - стержень; 31, 42 - болты; 32, 44 - вкладыши; 34 - коленчатый вал; 35, 40 — концы коленчатого наала; 36, 38 - шейки; 37 - щека; 39 - противовес; 41 - шайба; 43 - маховик; 45 - полукольцо

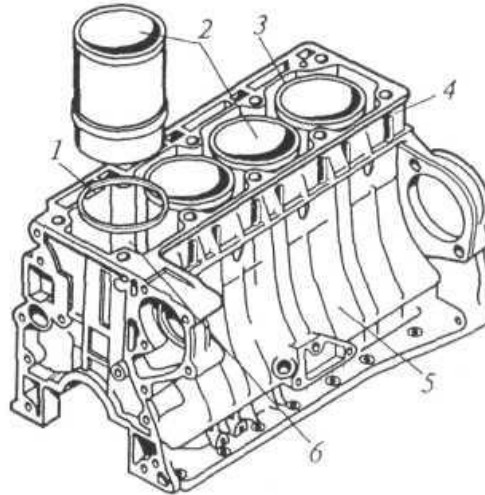


Рисунок 6 – Блок двигателя со съемными гильзами цилиндров
1 — кольцо; 2- гильза; 3 — полость; 4 — блок; 5 — картер; 6 — гнездо

В отличие от блока, отлитого совместно с цилиндрами, на рис. 2, представлен блок 4 цилиндров с картером 5, отлитые из алюминиевого сплава отдельно от цилиндров. Цилиндрами являются легкосъемные чугунные гильзы 2, устанавливаемые в гнезда 6 блока с уплотнительными кольцами 1 и закрытые сверху головкой блока с уплотнительной прокладкой. Внутренняя поверхность гильз обработана шлифованием. Для уменьшения изнашивания в верхней части 2 гильз установлены вставки из специального чугуна.

Съемные гильзы цилиндров повышают долговечность двигателя, упрощают его сборку, эксплуатацию и ремонт.

Между наружной поверхностью гильз цилиндров и внутренними стенками блока находится полость 3, которая является рубашкой охлаждения двигателя. В ней циркулирует охлаждающая жидкость, омывающая гильзы цилиндров, которые называются мокрыми из-за соприкосновения с жидкостью.

Блок цилиндров и его головка — это самые крупные и тяжелые части двигателя, изготавливаемые с помощью литья с последующей механической обработкой. В двигателе с жидкостным охлаждением вокруг цилиндров располагаются каналы для прохода охлаждающей жидкости, которые образуют водяную рубашку. Цилиндры двигателей воздушного охлаждения обычно изготавливаются отдельно и имеют ребра для увеличения

площади охлаждаемой поверхности.

Нижняя часть блока цилиндров обычно обрабатывается для установки в блок коренных подшипников коленчатого вала и для присоединения поддона картера. Большое значение имеет расстояние между соседними цилиндрами. Увеличение расстояния дает возможность повысить жесткость блока и обеспечить возможность увеличения в дальнейшем рабочего объема двигателя путем увеличения диаметра цилиндров (наиболее простой способ получения модификаций двигателей различной мощности). С другой стороны, это приводит к увеличению габаритных размеров двигателя и его массы. В последнее время некоторые производители автомобильных двигателей изготавливают блоки цилиндров, в которых соседние цилиндры соприкасаются стенками (так называемые сиамские блоки). Такой способ дает возможность получить довольно жесткую конструкцию при сравнительно небольшом размере. Жесткость блока цилиндров в значительной степени определяет шумовые характеристики двигателя.

Долгое время единственным материалом для изготовления блоков цилиндров служил чугун. Этот материал недорог, он обладает высокими прочностью и жесткостью при хороших литевых качествах. Кроме того, обработанные хонингованием внутренние поверхности чугунных цилиндров обладают отличными антифрикционными свойствами и высокой износостойкостью. Существенными недостатками чугуна являются его большая масса и низкая теплопроводность. Стремление конструкторов к созданию более легких двигателей привело к разработке конструкции блоков цилиндров из алюминиевых сплавов. Алюминий значительно уступает чугуну в жесткости и износостойкости, поэтому блок из алюминия должен иметь большое количество ребер жесткости, а в качестве цилиндров обычно служат те же чугунные гильзы, которые вставляются в алюминиевый блок в процессе сборки, заливаются или запрессовываются в него при изготовлении (рис. 8). Если гильза цилиндра непосредственно омывается охлаждающей жидкостью, она называется «мокрой», а если нет - «сухой». Мокрые гильзы должны иметь надежное уплотнение с полостью охлаждения блока цилиндров.

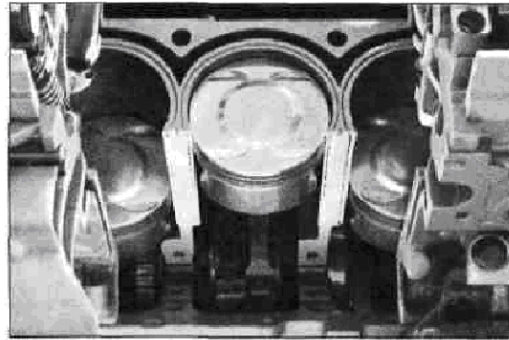
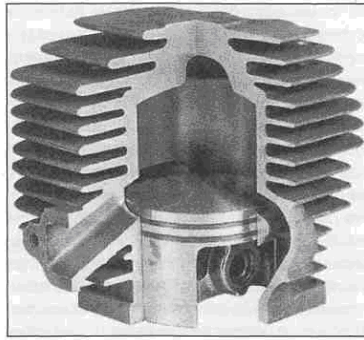


Рисунок 7 – Цилиндр и поршень двухтактного двигателя Nordstar GM с «сухой» гильзой. На разрезе хорошо видно, как вставлены в блок цилиндров «сухие» гильзы. Обратите внимание на выполненные в днищах поршней канавки, предохраняющие от касания поршня клапанами

Применение большого количества ребер жесткости и чугунных гильз в значительной мере сводит на нет преимущества от применения блоков цилиндров из алюминиевых сплавов. Использование в производстве современных технологий дает возможность изготовления легких «алюминиевых» двигателей, у которых блок цилиндров не имеет чугунных гильз. В рабочих поверхностях цилиндров в алюминиевых блоках электролитическим путем создается повышенное содержание кремния, а затем цилиндры подвергаются химическому травлению для создания на рабочей поверхности цилиндров износостойкой пористой пленки чистого кремния, хорошо удерживающей смазку. Кроме того, особенно часто в двухтактных двигателях на алюминиевый цилиндр наносится слой хрома или кремний-никелевого сплава (никасил).

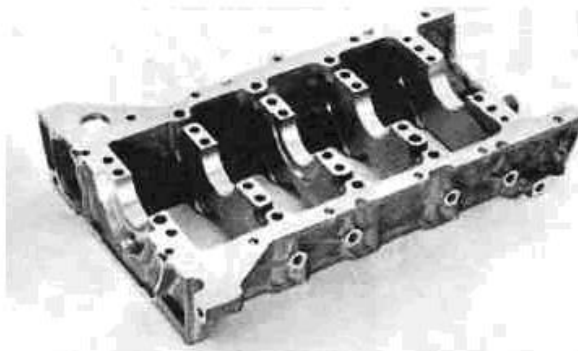


Рисунок 9 – Рама лестничного типа в блоке

Рама лестничного типа заменяют привычные крышки коренных подшипников коленчатого вала современных ДВС, придают высокую жёсткость блоку цилиндров и продлевают жизнь коленчатому валу.

Жесткость алюминиевого блока цилиндров может быть повышена не только применением большого количества ребер жесткости, но и использованием специальных проставок лестничного типа в блоке (рис. 9). Такие проставки, соединенные с блоком, помимо значительного повышения жесткости самого блока, служат прочной основой для установки коренных подшипников коленчатого вала, что повышает его долговечность. Такая конструкция блока цилиндров становится нормой при производстве бензиновых двигателей современных легковых автомобилей. При производстве дизелей, в которых из-за высоких нагрузок и большой шумности требуется большая жесткость блока, часто применяют чугунные блоки цилиндров.

Головка блока цилиндров

Головка блока цилиндров закрывает цилиндры сверху и служит для размещения в ней камер сгорания, клапанного механизма и каналов для подвода горючей смеси и отвода отработавших газов. Головка 8 блока цилиндров (рис. 5) выполнена общей для всех цилиндров, отлита из алюминиевого сплава и имеет камеры сгорания клиновидной формы. В ней имеются рубашка охлаждения и резьбовые отверстия для свечей зажигания. В головку запрессованы седла и направляющие втулки клапанов, изготовленные из чугуна. Головка крепится к блоку цилиндров болтами. Между головкой и блоком цилиндров установлена металлоасбестовая прокладка 4, обеспечивающая герметичность их соединения. Сверху к головке блока цилиндров шпильками

крепится корпус подшипников с распределительным валом, и она закрывается стальной штампованной крышкой 6 с горловиной 7 для заливки масла в двигатель. Для устранения течи масла между крышкой и головкой блока цилиндров установлена уплотняющая прокладка 5. С правой стороны к головке блока цилиндров крепятся шпильками через металлоасбестовую прокладку впускной и выпускной трубопроводы, отлитые соответственно из алюминиевого сплава и чугуна.

Поршень

Поршень служит для восприятия давления газов при рабочем ходе и осуществления вспомогательных тактов (впуска, сжатия, выпуска). Поршень 24 (рис.5) представляет собой полый цилиндр, отлитый из алюминиевого сплава. Он имеет днище 23, головку 22 и юбку 25. Снизу днище поршня усилено ребрами. В головке поршня выполнены канавки 21 для поршневых колец. В юбке поршня находятся приливы 20 (бобышки) с отверстиями для поршневого пальца. В бобышках поршня залиты стальные термокомпенсационные пластины, уменьшающие расширение поршня от нагрева и исключают его заклинивание в цилиндре двигателя. Юбка сделана овальной в поперечном сечении, конусной по высоте и с вырезами в нижней части. Овальность и конусность юбки так же, как и термокомпенсационные пластины, исключают заклинивание поршня, а вырезы — касание поршня с противовесами коленчатого вала. Кроме того, вырезы в юбке уменьшают массу поршня. Для лучшей приработки к цилиндру наружная поверхность юбки поршня покрыта тонким слоем олова. Отверстие в бобышках под поршневой палец смещено относительно диаметральной плоскости поршня. Посредством этого уменьшаются перекашивание и удары поршня при переходе его через верхнюю мертвую точку (ВМТ).

Во время рабочего хода на поршень воздействует высокое давление расширяющихся при высокой температуре газов. С другой стороны, при работе двигателя, особенно на высоких оборотах, поршень подвергается большим знакопеременным инерционным нагрузкам. При нахождении поршня в ВМТ и НМТ его ускорение равно нулю, а затем поршень резко ускоряется и движется с большой скоростью, причем направление движения меняется сотни раз в секунду. Для уменьшения инерционных нагрузок необходимо максимально уменьшать массу поршня. В то

же время он должен иметь высокую прочность, чтобы противостоять высокому давлению и нагреву при соприкосновении с горячими газами с последующим охлаждением при подаче в цилиндр холодного свежего заряда. В настоящее время поршни бензиновых и дизельных автомобильных двигателей изготавливают из алюминиевых сплавов. При производстве поршня в отливку в процессе изготовления часто закладывают стальные вставки, которые повышают его жесткость и препятствуют температурному расширению. Иногда стальную вставку располагают в канавке под верхнее компрессионное (наиболее нагруженное) поршневое кольцо.

При нагревании поршень расширяется. Для компенсации температурного расширения поршня при нагревании ему придают специальную форму. Юбка поршня в поперечной плоскости имеет форму овала, а не окружности. В продольной плоскости юбка поршня выглядит как усеченный конус. Части поршня с большой температурой или с большим объемом металла расширяются сильнее (например, часть юбки, где расположены бобышки), и при достижении рабочей температуры в двигателе поршень принимает форму цилиндра.

За время своего существования поршни претерпели значительные изменения конструкции. Если сравнить поршень двигателя современного автомобиля с его предшественником, можно заметить, что поршни стали значительно короче. Большая часть юбки (рис. 11) обрезается с каждой стороны, и остаются только две небольшие секции для того, чтобы предотвратить перекося поршня в цилиндре. Благодаря совершенству конструкции силы, действующие на поршень, сбалансированы таким образом, чтобы свести к минимуму тенденцию к повороту. Расстояние от днища поршня до верхней канавки под поршневое кольцо уменьшают с целью снижения возможности образования нагара в этой части. За счет уменьшения размеров сечений в конструкции поршня удалось значительно снизить его массу. Для уменьшения потерь на трение и повышения долговечности деталей КШМ на боковую поверхность поршня наносят слой антифрикционного материала, содержащего дисульфид молибдена или графит.



Рисунок 10 – Поршни современных двигателей имеют тенденцию к уменьшению высоты юбки



Рисунок 11 – Рабочая поверхность юбки поршня двигателя Ford Duratec покрыта антифрикционным слоем. Разъём нижней головки шатуна выполнен по специальной технологии, с помощью местного разрыва, что обеспечивает исключительно точное совпадение сопрягаемых деталей

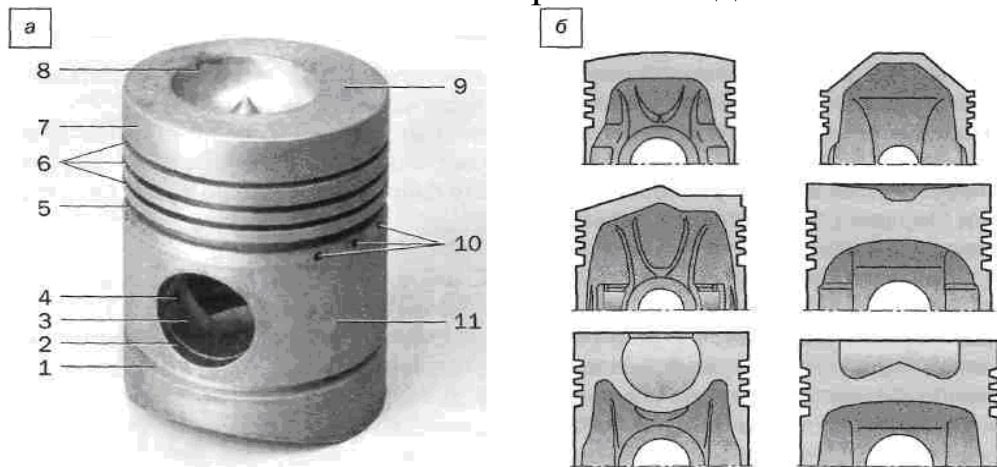


Рисунок 12 – Поршень дизельного двигателя (а) грузового автомобиля

и формы поршней разных двигателей (б): 1 - канавка нижнего маслосъемного кольца; 2 - проточка под стопорное кольцо поршневого пальца; 3 - внутренняя поверхность бобышки; 4 - отверстие для смазки поршневого пальца; 5 - канавка верхнего маслосъемного кольца; 6 - канавки компрессионных колец; 7 - головка поршня; 8 - камера сгорания в поршне; 9 - днище поршня; 10 - отверстия для отвода масла; 11 – юбка

Днище поршня может быть плоским, выпуклым, вогнутым, иметь канавки, для того чтобы при полном открытии клапанов они не касались поршня. У дизельного двигателя (рис. 12) камера сгорания может быть выполнена в поршне.

Поршни двигателей с непосредственным впрыском топлива имеют особую форму, необходимую для обеспечения процесса сгорания топлива.

Поршневые кольца уплотняют полость цилиндра, исключают прорыв газов в картер двигателя (компрессионные 19) и попадание масла в камеру сгорания (маслосъемное 18) (рис.5). Кроме того, они отводят теплоту от головки поршня к стенкам цилиндра. Компрессионные и маслосъемные кольца - разрезные. Они изготовлены из специального чугуна. Вследствие упругости кольца плотно прилегают к стенкам цилиндра. При этом между разрезанными концами колец (в замках) сохраняется небольшой зазор (0,2... 0,35 мм). Верхнее компрессионное кольцо, работающее в наиболее тяжелых условиях, имеет бочкообразное сечение для улучшения его приработки. Наружная поверхность его хромирована для повышения износостойкости. Нижнее компрессионное кольцо имеет сечение скребкового типа (на его наружной поверхности выполнена проточка) и фосфатировано. Кроме основной функции, оно выполняет также дополнительную - маслосбрасывающую функцию. Маслосъемное кольцо на наружной поверхности имеет проточку и щелевые прорезы для отвода во внутреннюю полость поршня масла, снимаемого со стенок цилиндра. На внутренней поверхности оно имеет канавку, в которой устанавливается разжимная витая пружина, обеспечивающая дополнительное прижатие кольца к стенкам цилиндра двигателя.

Поршневой палец служит для шарнирного соединения поршня с верхней головкой шатуна. Палец 26 - трубчатый, стальной. Для повышения твердости и износостойкости его наружная поверхность подвергается цементации и закаливается токами высокой частоты. Палец запрессовывается в верхнюю головку шатуна с натягом, что исключает его осевое перемещение в поршне, в результате которого могут быть повреждены стенки цилиндра. Поршневой палец свободно вращается в бобышках поршня.

Шатун

Шатун служит для соединения поршня с коленчатым валом и передачи усилий между ними. Шатун 27 — стальной, кованный, состоит из неразъемной верхней головки 28, стержня 29 двутаврового сечения и разъемной нижней головки 30 (рис.5). Нижней головкой шатун соединяется с коленчатым валом. Съёмная половина нижней головки является крышкой шатуна и прикреплена к нему двумя болтами 31. В нижнюю головку шатуна вставляют тонкостенные биметаллические, сталеалюминиевые вкладыши 32 шатунного подшипника. В нижней головке шатуна имеется специальное отверстие 33 для смазывания стенок цилиндра.

Шатун является необходимым звеном между поршнем и коленчатым валом, обеспечивая передачу давления от сгорания горючей смеси во время рабочего хода, а так же перемещение поршня во время других тактов. Таким образом, нагрузка на шатун постоянно изменяется в значительных пределах как по величине, так и по направлению. Шатун должен быть прочным, чтобы выдерживать максимальные усилия растяжения, и в то же время жестким, чтобы не изгибаться при сжатии. Жесткость при этом должна сочетаться с небольшой массой для уменьшения инерционных нагрузок. Поэтому стержни большинства шатунов делают двутавровыми в сечении. Наиболее распространенными являются стальные шатуны. Они или штампуются (для уменьшения стоимости), или изготавливаются ковкой (более дорогие, но прочные), но в обоих случаях обязательно подвергаются упрочнению, в том числе и закалке. В некоторых последних моделях используются шатуны из алюминиевых сплавов и проводятся эксперименты по применению шатунов из композитных материалов, когда алюминий упрочняется керамическими волокнами. В высокофорсированных двигателях спортивных автомобилей, как правило, используются шатуны из сплава титана.

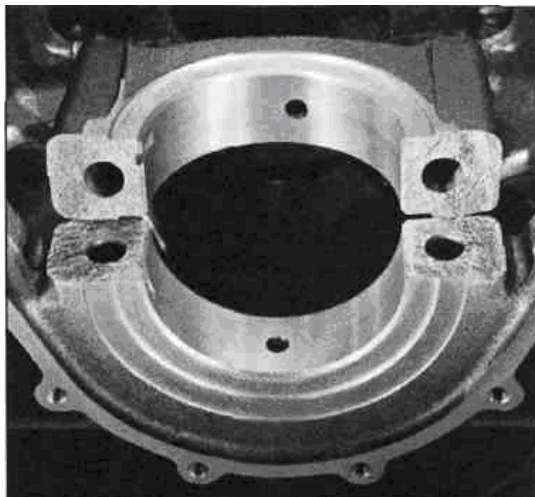


Рисунок 13 – Крышки коренных подшипников коленчатого вала двигателя V8 BMW, изготовленные методом отламывания

Верхняя головка шатуна представляет собой втулку с цилиндрическим отверстием для соединения с поршнем с помощью поршневого пальца. Поршневой палец представляет собой стальной полый цилиндр, поверхность которого упрочняется в процессе производства и имеет высокий класс чистоты механической обработки для уменьшения концентраторов напряжений. Поршневой палец может иметь возможность проворачиваться как в головке шатуна, так и в бобышках поршня. В этом случае он фиксируется от продольного перемещения специальными стопорными кольцами, а между пальцем и внутренней поверхностью головки шатуна устанавливается втулка из антифрикционного материала. Такой поршневой палец называется «плавающим». Преимущество «плавающего» пальца - это его равномерный износ по окружности, а также большая надежность работы (на случай заклинивания в шатуне или в бобышках). Поршневые пальцы «неплавающего» типа запрессованы в верхней головке шатуна и проворачиваются только в бобышках поршня. В этом случае стопорные кольца и втулка не нужны и конструкция получается проще и легче. Нижняя головка шатуна должна быть разборной, чтобы иметь возможность соединения с шейкой коленчатого вала, а две части шатуна соединяются болтами. Сейчас многие фирмы не разрезают нижнюю головку шатуна, а подвергают закаленные шатуны контролируемому раскалыванию нижней головки. Когда нижняя головка собирается, обе ее части стыкуются практически идеально,

обеспечивая полное совпадение разлома во всех направлениях.

В настоящее время такой же способ применяют и при изготовлении крышек коренных подшипников коленчатого вала (рис. 13).

Коленчатый вал и маховик

Коленчатый вал воспринимает усилия от шатунов и передает создаваемый на нем крутящий момент трансмиссии автомобиля. От него также приводятся в действие различные механизмы двигателя (газораспределительный механизм, масляный насос, распределитель зажигания, насос охлаждающей жидкости и др.). Коленчатый вал 34 - пятиопорный, отлит из специального высокопрочного чугуна (рис. 5). Он состоит из коренных 36 и шатунных 38 шеек, щек 37, противовесов 39, переднего 35 и заднего 40 концов. Коренными шейками коленчатый вал установлен в подшипниках (коренных опорах) картера двигателя, вкладыши 44 которых тонкостенные, биметаллические, сталеалюминиевые. К шатунным шейкам коленчатого вала присоединяют нижние головки шатунов. Шатунные подшипники смазываются по каналам, соединяющим коренные шейки с шатунными. Щеки соединяют коренные и шатунные шейки коленчатого вала, а противовесы разгружают коренные подшипники от центробежных сил неуравновешенных масс. На переднем конце коленчатого вала крепятся: ведущая звездочка цепного привода газораспределительного механизма; шкив ременной передачи для привода вентилятора, насоса охлаждающей жидкости, генератора; храповик для проворачивания вала вручную пусковой рукояткой. В заднем конце коленчатого вала имеется специальное гнездо для установки подшипника первичного (ведущего) вала коробки передач. К торцу заднего конца вала с помощью специальной шайбы 41 болтами 42 крепится маховик 43. От осевых перемещений коленчатый вал фиксируется двумя опорными полукольцами 45, которые установлены в блоке цилиндров двигателя по обе стороны заднего коренного подшипника. Причем с передней стороны подшипника ставится сталеалюминиевое кольцо, а с задней из спеченных материалов (металлокерамическое).

В качестве материала для коленчатого вала используют высокопрочный чугун и сталь. Чугунные валы изготавливают методом литья, а стальные - методомковки. Рабочие поверхности

коренных и шатунных шеек коленчатого вала подвергают упрочнению с помощью термической обработки и последующей шлифовке.

Коленчатый вал состоит из нескольких коренных шеек, соединенных щеками с шатунными шейками. Щеки коленчатого вала продолжают в противоположном от шейки направлении, образуя противовесы. В некоторых двигателях грузовых автомобилей используют съемные противовесы, которые крепятся к коленчатому валу болтами. Коренные шейки всегда больше в диаметре, чем шатунные. Коленчатый вал будет более жестким, если коренные и шатунные шейки перекрывают друг друга при взгляде с торца вала. Очевидно, что намного легче добиться перекрытия шеек при короткоходном двигателе. Если по обеим сторонам от шатунной шейки расположены коренные шейки, коленчатый вал является полноопорным. В противном случае он неполноопорный и поэтому должен быть более жестким, а следовательно, более массивным, чтобы воспринимать значительные изгибающие и закручивающие усилия. Поэтому в современных двигателях в основном применяются полноопорные валы. В настоящее время редко применяют разборные коленчатые валы, хотя такая конструкция вала дает возможность применять шатуны с неразъемной нижней головкой. Переход от шейки к щеке является опасным сточки зрения концентрации напряжений, и поэтому его выполняют по радиусу. Такая конструкция уменьшает возможность появления трещин и последующего усталостного излома.

В качестве коренных и шатунных подшипников скольжения в настоящее время применяют разъемные, тонкостенные вкладыши. Вкладыши изготавливают из стальной ленты с нанесенным на нее слоем антифрикционного сплава. Для того чтобы установленные вкладыши не проворачивались в опорах коленчатого вала и головках шатунов, они имеют выступ, с помощью которого фиксируются в соответствующих канавках. Для предохранения коленчатого вала от осевых перемещений используются упорные подшипники скольжения.

Внутри коленчатого вала, в щеках и шейках коленчатого вала просверлены отверстия для прохода масла. Подшипники коленчатого вала подвергаются значительным нагрузкам, и даже кратковременная работа двигателя без масла приводит к его

выходу из строя, поэтому к шейкам коленчатого вала масло подается постоянно под давлением.

К заднему концу коленчатого вала крепится маховик. Маховик служит для уменьшения неравномерности работы двигателя, запасая энергию при рабочем ходе и отдавая ее при других тактах, а также выводит КШМ из мертвых точек. Маховик представляет собой массивный диск, выполненный из чугуна. На внешнюю цилиндрическую поверхность маховика напрессован зубчатый венец, обеспечивающий проворачивание коленчатого вала при пуске двигателя с помощью электрического стартера. У многоцилиндровых двигателей рабочий ход происходит одновременно в нескольких цилиндрах. У таких двигателей крутящий момент более равномерный и масса маховика может быть уменьшена.

Лабораторная работа №3

Тема: *Изучение механизма газораспределения.*

Цель занятия – изучить назначение, конструкцию и принцип действия механизма газораспределения поршневых двигателей.

Методические указания

В начале занятия студентам необходимо тщательно изучить информационный материал, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после чего кратко изложить изученный материал в тетради для лабораторных занятий в следующей последовательности:

1. Описать назначение и вычертить схемы механизмов газораспределения (ГРМ).
2. Вычертить схему и дать описание фаз газораспределения.
3. Описать назначение, конструкцию и особенности отдельных деталей ГРМ.
4. Охарактеризовать необходимость регулирования теплового зазора в приводе клапанов.

Краткие теоретические сведения

1. Общие сведения.

Газораспределительный механизм (ГРМ) обеспечивает очень важную функцию, а именно своевременную подачу в конкретные цилиндры двигателя горючей смеси или чистого воздуха (в зависимости от типа двигателя) и выпуска из этих цилиндров продуктов сгорания во время такта выпуска. Эти процессы происходят в соответствии с принятым для данного двигателя порядком работы цилиндров и фазами газораспределения. В четырехтактных двигателях внутреннего сгорания применяются в основном клапанные механизмы газораспределения.

2. Конструкция и работа газораспределительного механизма.

Газораспределительные механизмы независимо от расположения распределительных валов в двигателе включают в себя клапанную группу, передаточные детали и распределительные валы с приводом.

В клапанную группу входят впускные и выпускные клапаны,

направляющие втулки клапанов и пружины клапанов с деталями крепления.

Передаточными деталями являются толкатели, направляющие втулки толкателей, штанги толкателей, коромысла, ось коромысел, рычаги привода клапанов, регулировочные шайбы и регулировочные болты. Однако при верхнем расположении распределительного вала толкатели, направляющие втулки и штанги толкателей, коромысла и ось коромысел обычно отсутствуют.

На рис.1 представлен газораспределительный механизм двигателя с верхним расположением клапанов, с верхним расположением распределительного вала с цепным приводом и с двумя клапанами на цилиндр. Он состоит из распределительного вала 14 с корпусом 13 подшипников, привода распределительного вала, рычагов 11 привода клапанов, опорных регулировочных болтов 18 клапанов 1 и 22, направляющих втулок 4, пружин 7 и 8 клапанов с деталями крепления.

Распределительный вал обеспечивает своевременное открытие и закрытие клапанов. Распределительный вал пятиопорный, отлит из чугуна. Он имеет опорные шейки 15 и кулачки 16 (впускные и выпускные). Внутри вала проходит канал, через который подводится масло от средней опорной шейки к другим шейкам и кулачкам, К переднему торцу вала крепится ведомая звездочка 24 цепного привода. Вал устанавливается в специальном корпусе 13 подшипников, отлитом из алюминиевого сплава, который закреплен на верхней плоскости головки блока цилиндров. От осевых перемещений распределительный вал фиксируется упорным фланцем 12, который входит в канавку передней опорной шейки вала и прикрепляется к торцу корпуса подшипников.

Привод распределительного вала осуществляется через установленную на нем ведомую звездочку 24 двухрядной роликовой цепью 25 от ведущей звездочки 28 коленчатого вала. Этой цепью также вращается звездочка 27 вала привода масляного насоса. Привод распределительного вала имеет полуавтоматический натяжной механизм, состоящий из башмака и натяжного устройства. Цепь натягивается башмаком 30, на который воздействуют пружины натяжного устройства 31. Для гашения колебаний ведущей ветви цепи служит успокоитель 26.

Башмак и успокоитель имеют стальной каркас с привулканизированным слоем резины. Ограничительный палец 29 предотвращает спадание цепи при снятии на автомобиле ведомой звездочки распределительного вала.

Клапаны открывают и закрывают впускные и выпускные каналы. Клапаны установлены в головке блока цилиндров в один ряд под углом к вертикальной оси цилиндров двигателя. Впускной клапан 1 для лучшего наполнения цилиндров горючей смесью имеет головку большего диаметра, чем выпускной клапан.

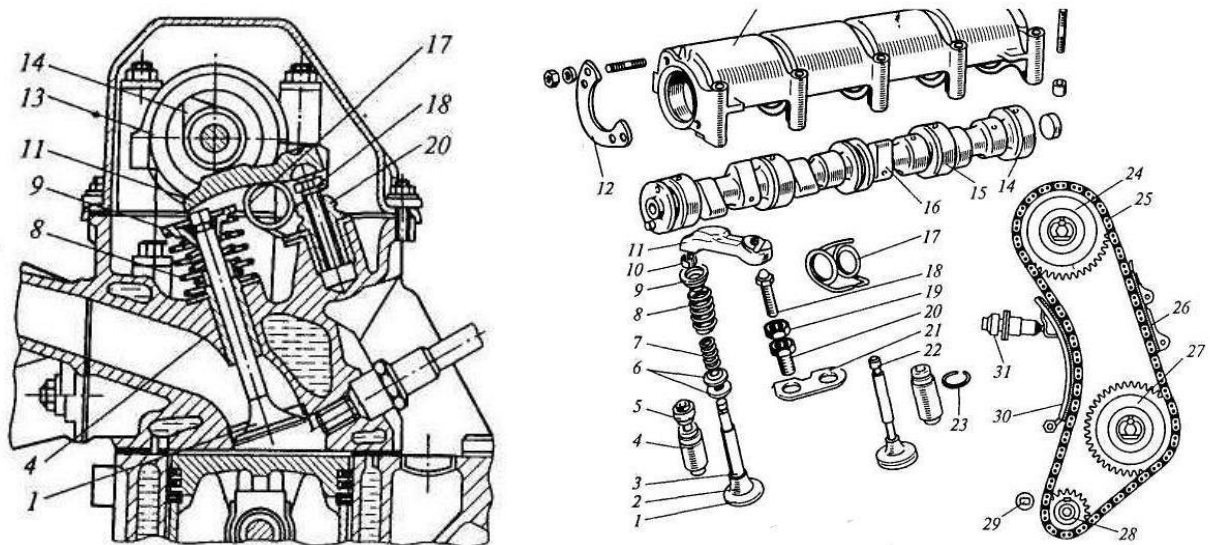


Рисунок 1 – Газораспределительный механизм с верхним расположением клапанов и распределительного вала с цепным приводом:

1, 22 — клапаны; 2 — головка; 3 — стержень; 4, 20 — втулки; 5 — колпачок; 6 — шайбы; 7, 8, 17 — пружины; 9 — тарелка; 10 — сухарь; 11 — рычаг; 12 — фланец; 13 — корпус; 14 — распределительный вал; 15 — шейка; 16 — кулачок; 18 — болт; 19 — гайка; 21 — пластина; 23 — кольцо; 24, 27, 28 — звездочки; 25 — цепь; 26 — успокоитель; 29 — палец; 30 — башмак; 31 — натяжное устройство

Он изготовлен из специальной хромистой стали, обладающей высокой износостойкостью и теплопроводностью. Выпускной клапан 22 работает в более тяжелых температурных условиях, чем впускной. Он выполнен составным. Его головку делают из жаропрочной хромистой стали, а стержень из специальной хромистой стали.

Каждый клапан состоит из головки 2 и стержня 3. Головка

имеет конусную поверхность (фаску), которой клапан при закрытии плотно прилегает к седлу из специального чугуна, установленному в головке блока цилиндров и имеющему также конусную поверхность.

Стержень клапана перемещается в чугунной направляющей втулке 4, запрессованной и фиксируемой стопорным кольцом 23 в головке блока цилиндров, обеспечивающей точную посадку клапана. На втулку надевается маслоотражательный колпачок 5 из маслостойкой резины. Клапан имеет две цилиндрические пружины: наружную 8 и внутреннюю 7. Пружины крепятся на стержне клапана с помощью шайб 6, тарелки 9 и разрезного сухаря 10. Клапан приводится в действие от кулачка распределительного вала стальным кованым рычагом 11, который опирается одним концом на регулировочный болт 18, а другим на стержень клапана. Регулировочный болт имеет сферическую головку. Он ввертывается в резьбовую втулку 20, закрепленную в головке блока цилиндров и застопоренную пластиной 21, и фиксируется гайкой 19. Регулировочным болтом устанавливается необходимый зазор между кулачком распределительного вала и рычагом привода клапана, равный 0,15 мм на холодном двигателе и 0,2 мм на горячем двигателе (прогретом до 75...85С). Пружина 17 создает постоянный контакт между концом рычага привода и стержнем клапана.

Газораспределительный механизм работает следующим образом. При вращении распределительного вала его кулачки в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя поочередно набегают на рычаги 11. Рычаги, поворачиваясь одним концом на сферических головках регулировочных болтов 18, другим концом воздействуют на стержни клапанов, преодолевают сопротивление пружин 7, 8 и открывают клапаны. При дальнейшем повороте распределительного вала кулачки сходят с рычагов, которые возвращаются в исходное положение под действием пружин 17, а клапаны закрываются под действием пружин 7 и 8.

При работе двигателя распределительный вал вращается в два раза медленнее, чем коленчатый вал. Это связано с тем, что за период рабочего цикла двигателя, протекающего за два оборота коленчатого вала, впускной и выпускной клапаны каждого цилиндра должны открываться по одному разу.

Нормальная работа газораспределительного механизма во

многим зависит от теплового зазора между кулачками распределительного вала и рычагами привода клапанов. Этот зазор обеспечивает плотное закрытие клапанов при их удлинении в результате нагрева во время работы. При недостаточном тепловом зазоре или его отсутствии происходит неполное закрытие клапанов, что приводит к утечке газов, быстрому обгоранию фасок головок клапанов и снижению мощности двигателя.

Особенностью привода распределительного вала (рис. 2) является применение ременной передачи. Привод распределительного вала осуществляется через установленный на нем зубчатый шкив 4 ремнем 5 от зубчатого шкива 1 коленчатого вала. С помощью этого ремня также вращается зубчатый шкив 8 вала привода масляного насоса.

Ремень — зубчатый, изготовлен из резины, армированной стекловолокном. Зубья ремня имеют трапецевидную форму. Ремень натягивается с помощью натяжного ролика 3, закрепленного на кронштейне 6. Натяжение ремня регулируют пружиной 7 на неработающем двигателе при ослабленных болтах 2 крепления кронштейна натяжного ролика. Привод распределительного вала работает без смазки и снаружи закрыт тремя пластмассовыми крышками.

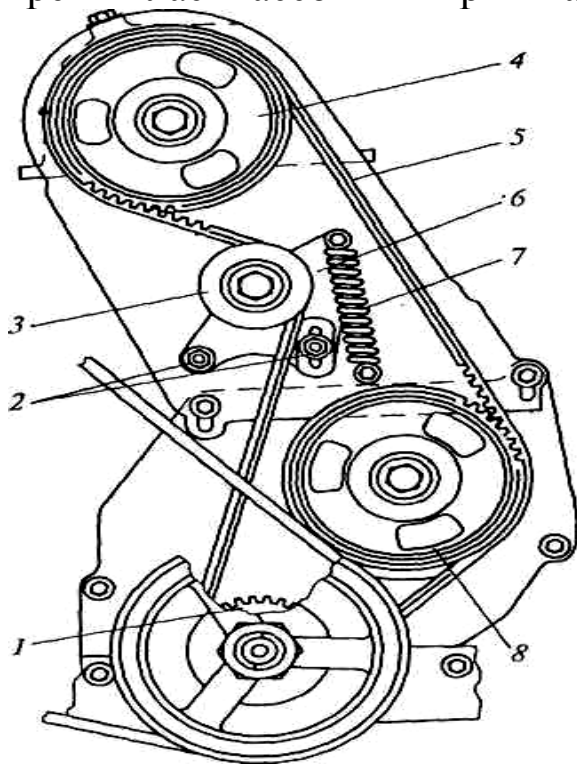


Рисунок 2 – Ременный привод распределительного вала:
1, 4, 8 - шкивы; 2 - болты; 3 - ролик; 5 - ремень; 6 - кронштейн; 7 - пружина

Газораспределительный механизм двигателя, представленный на рис. 3, состоит из распределительного вала 2 с двумя корпусами 1 подшипников, привода распределительного вала толкателей 4, регулировочных шайб 3, направляющих втулок 6, клапанов 7, пружин 5 клапанов с деталями крепления.

Распределительный вал чугунный, литой, пятиопорный. В задней части вала 2 находится эксцентрик для привода топливного насоса. Корпуса 1 подшипников распределительного вала отлиты из алюминиевого сплава. В них находятся верхние половины опор под шейки распределительного вала: две в переднем корпусе и три в заднем. Толкатели 4 клапанов – стальные, цилиндрические передают усилия от кулачков распределительного вала на клапаны.

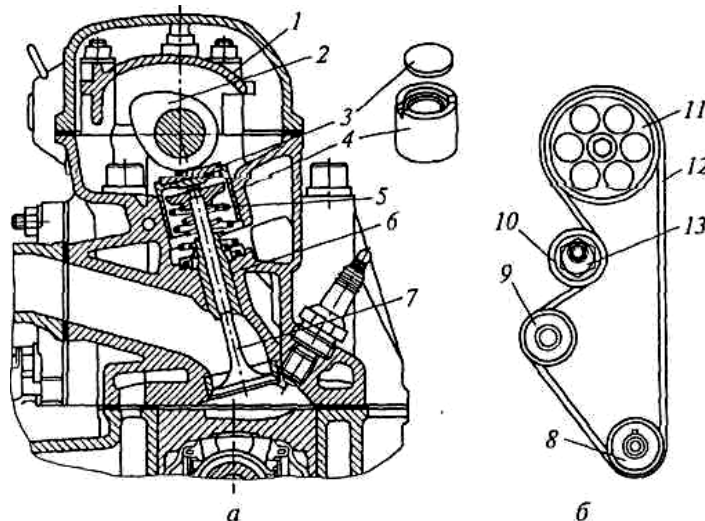


Рисунок 3 – Газораспределительный механизм (а) с верхним расположением распределительного вала и его привод (б):

1 — корпус; 2 — распределительный вал; 3 — шайба; 4 — толкатель; 5 — пружина; 6 — втулка; 7 — клапан; 8, 9, 11 — шкивы; 10 — ролик; 12 — ремень; 13 — ось

В верхней части толкателей имеется гнездо для установки регулировочной шайбы. Регулировочные шайбы 3 плоские, стальные, толщиной 3,00...4,25 мм с интервалом через каждые 0,05 мм. Подбором толщины этих шайб регулируется тепловой зазор между шайбой и кулачком распределительного вала. Клапаны (впускной, выпускной) отличаются по конструкции и изготовлены из разных сталей. Впускной клапан имеет головку большего диаметра, чем выпускной. Он выполнен из

хромоникельмолибденовой стали. Выпускной клапан – составной, сварен из двух частей. Головка клапана изготавливается из жаропрочной хромоникель-марганцовистой стали, а стержень из хромоникельмолибденовой стали. Направляющие втулки б клапанов чугунные, запрессовываются и фиксируются стопорными кольцами в головке блока цилиндров.

Пружины 5 (наружная, внутренняя) прижимают клапан к седлу и не дают ему отрываться от толкателя. Они также исключают возникновение резонансных колебаний деталей.

Привод распределительного вала производится через установленный на нем зубчатый шкив 11 ремнем 12 от зубчатого шкива 8 коленчатого вала. Этим же ремнем вращается зубчатый шкив 9 насоса охлаждающей жидкости. Ремень зубчатый, резиновый, армирован стекловолокном. Зубья ремня имеют полукруглую форму.

Ремень натягивается роликом 10, который вращается на эксцентриковой оси 13, установленной на шпильке, закрепленной в головке блока цилиндров. При повороте эксцентриковой оси относительно шпильки изменяется натяжение ремня. Привод распределительного вала работает без смазочного материала. Он закрыт двумя крышками – передней пластмассовой и задней стальной.

При вращении распределительного вала его кулачок набегает на шайбу 3 и толкатель 4. Толкатель действует на стержень клапана 7, преодолевает сопротивление пружин 5 и открывает клапан. При дальнейшем повороте кулачок сходит с толкателя, который возвращается в исходное положение под действием пружин 5, закрывающих клапан.

На рис. 4 показан газораспределительный механизм двигателя с нижним расположением распределительного вала. Газораспределительный механизм верхнеклапанный, с шестеренным приводом и двумя клапанами на цилиндр.

Механизм включает в себя распределительный вал /, привод распределительного вала, толкатели 9, штанги 8 толкателей, регулировочные винты 7, ось б коромысел, коромысла 5, клапаны 2, направляющие втулки 3 клапанов и пружины 4 с деталями крепления.

Распределительный вал – стальной, кованный, имеет пять

опорных шеек *13*, кулачки *15* (впускные и выпускные), шестерню *12* привода масляного насоса и распределители зажигания, а также эксцентрик *14* привода топливного насоса. Вал установлен в блоке цилиндров двигателя на запрессованных биметаллических втулках, изготовленных из стали и покрытых изнутри слоем свинцовистого баббита.

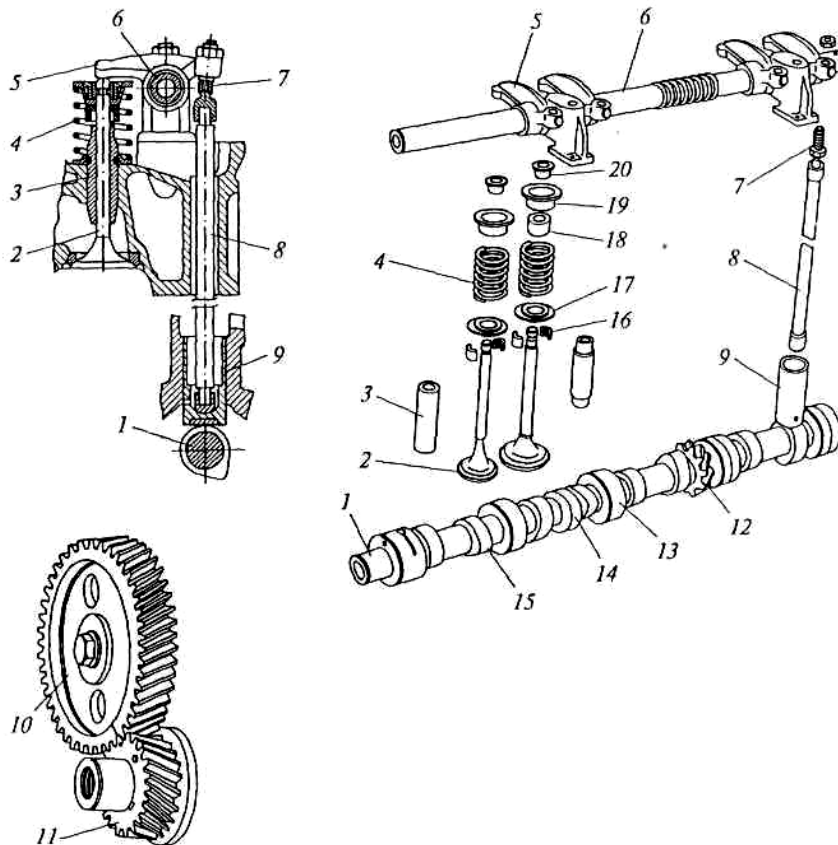


Рисунок 4 – Газораспределительный механизм с нижним расположением распределительного вала:

1 — распределительный вал; 2 — клапан; 3, 20 — втулки; 4 — пружина; 5 — коромысло; 6 — ось; 7 — пинт; 8 — штанга; 9 — толкатель; 10, 11, 12 — шестерни; 13 — шейка; 14 — эксцентрик; 15 — кулачок; 16 — сухарь; 17, 19 — шайбы; 18 — колпачок

Привод распределительного вала осуществляется через прикрепленную к его переднему концу ведомую шестерню *10*, изготовленную из текстолита. Она находится в зацеплении с ведущей стальной шестерней *11*, установленной на коленчатом валу. Обе шестерни выполнены косозубыми для уменьшения шума и обеспечения плавной работы. Передаточное отношение

шестеренного привода – отношение числа зубьев ведущей шестерни к числу зубьев ведомой шестерни – равно 1:2, т.е. ведомая шестерня 10 имеет в два раза больше зубьев, чем ведущая шестерня 11. Это необходимо для того, чтобы за два оборота коленчатого вала распределительный вал совершал один оборот, обеспечивая за полный цикл двигателя открытие впускного и выпускного клапанов каждого цилиндра по одному разу.

Толкатели 9 служат для передачи усилия от кулачков распределительного вала к штангам 8. Они изготовлены из стали, и их торцы, соприкасающиеся с кулачками, выполнены сферическими и наплавлены отбеленным чугуном для уменьшения изнашивания. Внутри толкатели имеют сферические углубления для установки штанг. Толкатели перемещаются в направляющих отверстиях блока цилиндров.

Штанги 8 передают усилие от толкателей к коромыслам 5. Они изготовлены из алюминиевого сплава, и на их концы напрессованы стальные наконечники.

Коромысла 5 предназначены для передачи усилия от штанг к клапанам. Коромысла стальные, имеют неравные плечи для уменьшения высоты подъема толкателей и штанг, в их короткие плечи ввернуты винты 7 для регулирования теплового зазора. Коромысла установлены на втулках на полой оси 6, закрепленной в головке цилиндров.

Клапаны 2 изготовлены из легированных жаропрочных сталей. Для лучшего наполнения цилиндров двигателя горючей смесью диаметр головки у впускного клапана больше, чем у выпускного.

Пружины 4 изготовлены из рессорно-пружинной стали. Деталью их крепления являются шайбы 17 и 19, сухари 16 и втулки 20.

Резиновые маслоотражательные колпачки 18, установленные на впускных клапанах, исключают проникновение масла через зазоры между направляющими втулками и стержнями впускных клапанов.

Газораспределительный механизм работает следующим образом. При вращении распределительного вала его кулачки поочередно набегают на толкатели 9 в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Усилие от толкателей 9 через штанги 8 передается к коромыслам 5, которые, поворачиваясь на оси 6,

воздействуют на стержни клапанов 2, преодолевают сопротивление пружин 4 и открывают клапаны. При дальнейшем повороте распределительного вала кулачки сходят с толкателей, которые вместе со штангами и коромыслами возвращаются в исходное положение под действием пружин, закрывающих также клапаны.

3. Клапаны

Для работы четырехтактного ДВС требуется как минимум по два клапана на цилиндр — впускной и выпускной. В настоящее время применяются клапаны тарельчатого типа со стержнем. Для улучшения наполнения цилиндра горючей смесью диаметр тарелки впускного клапана делается больше, чем у выпускного. Седла клапанов, изготовленные из чугуна или стали, запрессовываются в головку блока цилиндров.

При работе двигателя клапаны подвергаются значительным механическим и тепловым нагрузкам, поэтому для их изготовления применяются специальные сплавы. Иногда для улучшения охлаждения клапанов высокофорсированных двигателей применяют клапаны с полым стержнем, который заполняется натрием. Натрий при рабочих температурах плавится и в расплавленном виде перетекает внутри клапана, перенося тепло от более нагретой тарелки клапана к стержню. Для лучшей очистки рабочей фаски от нагара и равномерной теплопередачи иногда применяются различные механизмы для вращения клапана.

ГРМ могут быть нижнеклапанными и верхнеклапанными, но в современных двигателях используются только верхнеклапанные ГРМ, когда клапаны располагаются в головке цилиндров. Клапан удерживается в закрытом состоянии с помощью пружины, а открывается при нажатии на стержень клапана. Клапанные пружины должны иметь определенную жесткость для гарантированного закрытия клапана при работе, но жесткость пружины не должна быть чрезмерной, чтобы не увеличивать ударной нагрузки на седло клапана. Иногда для уменьшения возможности резонансных колебаний используются пружины уменьшенной жесткости, но на один клапан устанавливается по две пружины. При использовании двух пружин они должны быть навиты в разные стороны, чтобы не произошло заклинивания клапана в случае поломки одной из пружин и попадания ее витка между витками другой пружины. Для снижения потерь на трение в ГРМ сейчас широко применяются ролики, размещаемые на рычагах

и толкателях привода клапанов.

При открытии (опускании) впускного клапана через кольцевой проход между тарелкой клапана и седлом проходит топливно-воздушная смесь (или воздух) и заполняет цилиндр. Чем больше будет площадь проходного сечения, тем полнее заполнится цилиндр, а следовательно, и выходные показатели этого цилиндра при рабочем ходе будут выше. Для лучшей очистки цилиндров от продуктов сгорания желательно также увеличить диаметр тарелки выпускного клапана. Размеры тарелок клапанов ограничены размером камеры сгорания, выполненной в головке цилиндров. Лучшее наполнение цилиндров и их очистка обеспечиваются при использовании большего, чем два, числа клапана на один цилиндр.

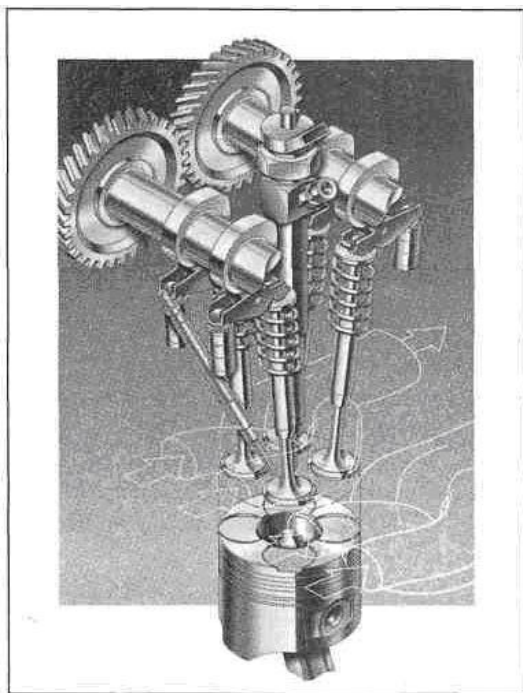


Рисунок 5 –
Четырехклапанная камера
сгорания.

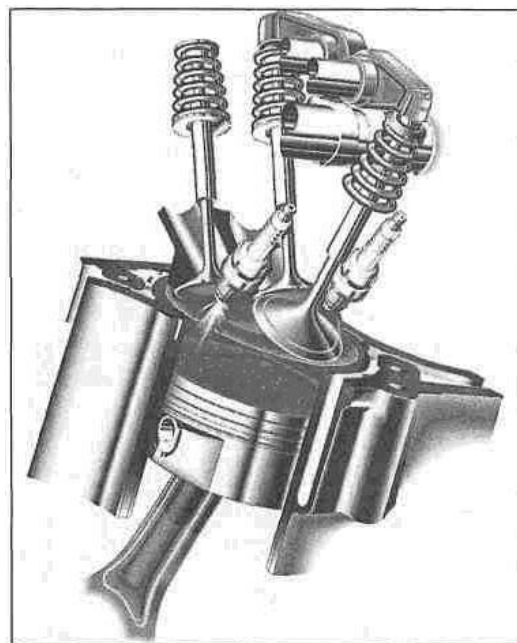


Рисунок 6 – Трехклапанный
ГРМ.

Большинство современных двигателей имеет по два впускных и по два выпускных клапана на цилиндр (рис. 5), хотя встречаются трехклапанные (два впускных и один выпускной) системы и пятиклапанные (три впускных и два выпускных).

Впервые четыре клапана на цилиндр были использованы еще

1912 г. на двигателе автомобиля Peugeot Gran Prix. Широкое использование такой схемы на серийных легковых автомобилях началось только в 1970-е гг. Сейчас ГРМ с четырьмя клапанами на цилиндр стали практически стандартными для двигателей европейских и японских легковых автомобилей. Некоторые из двигателей Mercedes имеют по три клапана на цилиндр, два впускных и один выпускной, с двумя свечами зажигания (по одной с каждой стороны от выпускного клапана (рис. 6). Двигатели некоторых автомобилей группы Volkswagen-Audi и ряд японских двигателей используют пять клапанов на цилиндр (три впускных и два выпускных), но при таком числе клапанов значительно усложняется их привод.

4. Привод клапанов

Впускные и выпускные клапаны открываются и закрываются в нужные моменты за счет кулачков, расположенных на распределительном вале или на двух валах: для впускных клапанов и для выпускных. Распределительный вал приводится в действие от коленчатого вала. Для привода распределительного вала могут использоваться шестерни, цепь или зубчатый ремень. Поскольку в четырехтактном двигателе каждый клапан открывается только один раз каждые два оборота двигателя, распределительный вал должен вращаться в два раза медленнее коленчатого вала. Кулачки могут воздействовать непосредственно на толкатели клапанов или через коромысла или рычаги. Направляющие втулки клапанов изготовлены из чугуна, латуни, бронзы или спеченной порошковой композиции и запрессованы в головку блока цилиндров. Толкатели имеют цилиндрическую форму и выполнены из стали.

Чем меньше деталей в приводе клапанов, тем меньше масса ГРМ, а следовательно, меньше и силы инерции, мешающие быстрому увеличению оборотов двигателя. Наиболее эффективными в этом случае будут ГРМ с размещенным в головке цилиндров распределительным валом. Такие двигатели появились в массовом производстве в 1960-е гг. и получили название ОНС (Overhead Camshaft), что означает верхнее расположение распределительного вала. Как альтернатива могут использоваться два распределительных вала, по одному для каждого ряда клапанов. Такие двигатели называются «двухвальные верхнеклапанные» ДОНС (Double Overhead Camshaft).

Ушли в прошлое нижнеклапанные ГРМ, в которых клапаны

располагались не в головке цилиндров, а в блоке, рядом с камерой сгорания, и открывались снизу вверх с помощью простого толкателя от распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров рядом с коленчатым валом. В таком двигателе головка цилиндров получалась простой и плоской, но камера сгорания была очень неудачной формы. Такие двигатели выпускались до 50-х гг., а затем их заменили более эффективные верхнеклапанные.

До настоящего времени выпускаются двигатели, у которых клапаны расположены в головке цилиндров, а распределительный вал размещен в блоке. При такой схеме для привода коромысел клапанов требуются дополнительные толкатели и штанги толкателей. Такие двигатели принято обозначать OHV (Overhead Valve) — верхнеклапанный. Для привода распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров близко к коленчатому валу, можно использовать простую зубчатую передачу. Когда нужно выбрать привод для распределительных валов, находящихся в головке, приходится выбирать между цепью и зубчатым ремнем. Цепной привод надежнее и более долговечен, чем ременный, но требует смазки и, как следствие, герметизации крышки, закрывающей привод. Цепь существенно тяжелее ремня и *поэтому* для нее требуется более качественное натяжение и устройство для гашения вибраций. Зубчатые ремни дешевле, но требуют более частого контроля и замены после определенного пробега. Лучшие образцы современных ремней ГРМ могут прослужить без замены более 150 000 км пробега автомобиля.

5. Тепловые зазоры в приводе

При изменении температуры двигателя изменяются размеры всех его деталей. Это может привести к неполному закрытию клапанов, в результате чего двигатель теряет мощность, а клапаны со временем могут выйти из строя за счет обгорания их рабочей кромки. Для компенсации влияния меняющегося температурного режима двигателя в приводе клапанов всегда предусматривается так называемый температурный зазор. Износ деталей ГРМ приводит к необходимости периодической регулировки тепловых зазоров. Для регулировки зазоров в ГРМ устанавливают регулировочные винты в коромыслах или рычагах. Если клапаны управляются непосредственно от распределительного вала, установленного в головке, зазор обычно регулируется с помощью установки специальных прокладок определенной толщины под цилиндрический толкатель. Регулировка

зазоров требует снятия, по крайней мере крышки головки блока. Сегодня большинство двигателей оборудовано автоматическими гидравлическими компенсаторами (толкателями), в которые под давлением подается моторное масло так, чтобы гарантировать нулевой зазор, — таким образом обеспечивается полное закрытие клапанов и снижается шум при работе двигателя. Польза от гидрокompенсаторов особенно заметна в двигателях с четырьмя клапанами на цилиндр, потому что регулировка привода 16-и клапанов в четырехцилиндровом двигателе, не говоря уже о 32-х восьмицилиндровых, становится серьезной работой. Гидравлические толкатели весят существенно больше механических, стоят намного дороже, а также требовательны к качеству и полноте очистки масла. Например, на двигателе AJ-V8 автомобиля Jaguar было решено отказаться от использования гидротолкателей, но выбор точной конструкции и материалов позволили установить зазоры в приводе клапанов на весь срок службы, без необходимости их регулировки.

Гидравлические толкатели автоматически обеспечивают постоянный (беззазорный) контакт кулачков распределительного вала с клапанами, компенсируют износ сопрягаемых деталей (распределительного вала и клапанной группы) и исключают необходимость регулирования теплового зазора клапанов в эксплуатации.

Гидравлический толкатель (рис.7) состоит из корпуса, компенсатора и шарикового клапана. В корпусе 2 толкателя приварена направляющая втулка 1, в которой стопорным кольцом 3 закреплен компенсатор. Компенсатор состоит из корпуса 4 и поршня 5, между которыми установлена разжимная пружина 7, а в поршне размещен шариковый клапан 6. Внутренняя полость компенсатора заполнена маслом, которое поступает в компенсатор при открытом клапане 6 из корпуса гидротолкателя. В корпус гидротолкателя масло подается из масляной магистрали головки цилиндров через наружную канавку и отверстие, выполненные в корпусе.

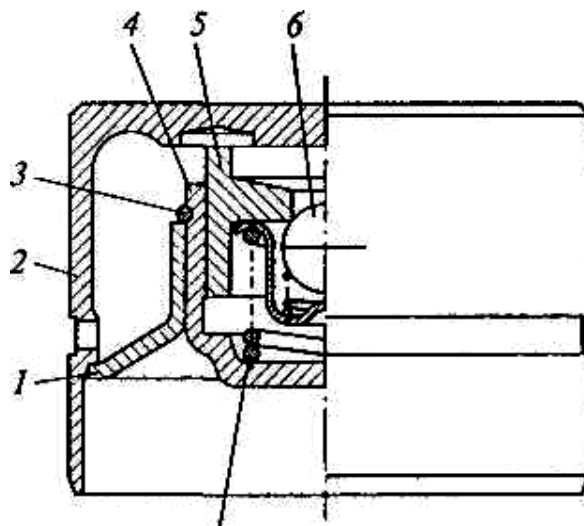


Рисунок 7 – Гидравлический толкатель:
 1 - втулка; 2, 4 - корпуса; 3 - кольцо; 5 - поршень; 6 -
 клапан; 7 - пружина

Гидротолкатель каждого клапана установлен между торцом стержня клапана и кулачком распределительного вала в отверстии, расточенном в головке цилиндров.

Работает гидравлический толкатель следующим образом.

При набегании кулачка распределительного вала на толкатель усилие от кулачка передается на торец его корпуса 2, который перемещает поршень 5 компенсатора, преодолевая сопротивление пружины 7. При этом шариковый клапан 6 закрывается и запирает находящееся внутри компенсатора масло, через которое и передается усилие от распределительного вала к впускному или выпускному клапану, и клапан открывается. При перемещении поршня 5 часть масла из компенсатора через зазор между поршнем и корпусом 4 вытекает в корпус 2 толкателя, и поршень немного вдвигается в корпус 4 компенсатора.

При сбегании кулачка распределительного вала с толкателя пружина 7 прижимает поршень 5 к корпусу 2 толкателя, обеспечивая его беззазорный контакт с кулачком распределительного вала. При этом шариковый клапан 6 открывается, впускает масло в компенсатор, а впускной или выпускной клапан закрывается.

6. Фазы газораспределения

Продолжительность открытия впускных и выпускных клапанов, выраженная в градусах угла поворота коленчатого вала относительно мертвых точек, называется *фазами газораспределения*.

Наивысшие мощностные показатели работы двигателя могут быть достигнуты при наилучшем наполнении цилиндров горючей смесью и наиболее полной их очистке от отработавших газов. Поэтому продолжительность фаз впуска и выпуска установлена больше 180° за счет того, что моменты открытия и закрытия клапанов не совпадают с положениями поршня в верхней и нижней мертвых точках.

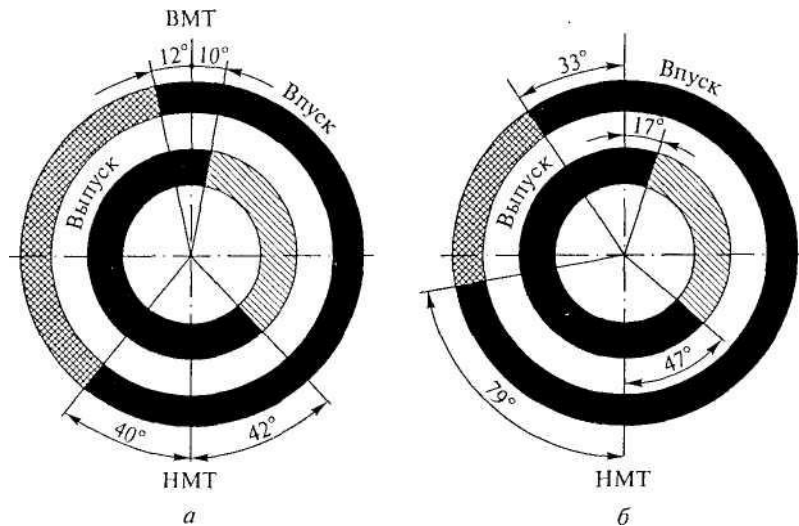


Рисунок 8 – Фазы газораспределения (а, б) двигателей:
а) заднеприводных автомобилей ВАЗ; б) переднеприводных автомобилей ВАЗ.

Так, впускной клапан открывается в конце такта выпуска до прихода поршня в ВМТ с опережением на 12° (рис. 8 а) у двигателей заднеприводных автомобилей ВАЗ и 33° (рис. 8 б) у двигателей переднеприводных автомобилей ВАЗ, а закрывается в начале такта сжатия после прихода поршня в НМТ с запаздыванием соответственно на 40 и 79° . Продолжительность впуска горючей смеси в цилиндры двигателей составляет соответственно 232 и 292° , что обеспечивает наилучшее их наполнение.

Выпускной клапан открывается в конце такта рабочего хода до прихода поршня в НМТ с опережением на 42 и 47° , а закрывается в начале такта впуска после прихода поршня в ВМТ с запаздыванием соответственно на 10 и 17° . Продолжительность выпуска отработавших газов из цилиндров двигателей составляет соответственно 232 и 244° , что обеспечивает наиболее полную их очистку от газов.

В конце такта выпуска и в начале такта впуска происходит

перекрытие клапанов, когда оба клапана (впускной и выпускной) открыты одновременно. Продолжительность перекрытия клапанов составляет для двигателей 22 и 50°. Перекрытие клапанов длится небольшой промежуток времени и не оказывает влияния на работу двигателя.

В процессе эксплуатации необходимо следить за правильной установкой фаз газораспределения. Она обеспечивается совмещением специальных меток на шкивах распределительного и коленчатого валов и соответствующих меток на двигателе или совмещением меток на шестернях привода.

Постоянство фаз газораспределения сохраняется только при соблюдении регулируемых тепловых зазоров в газораспределительном механизме. При увеличении зазоров продолжительность открытия клапанов уменьшается, а при уменьшении увеличивается.

Лабораторная работа № 4

Тема. *Изучение системы охлаждения ДВС.*

Цель занятия – закрепить теоретические знания по особенностям конструкции и размещения элементов системы охлаждения

Методические указания

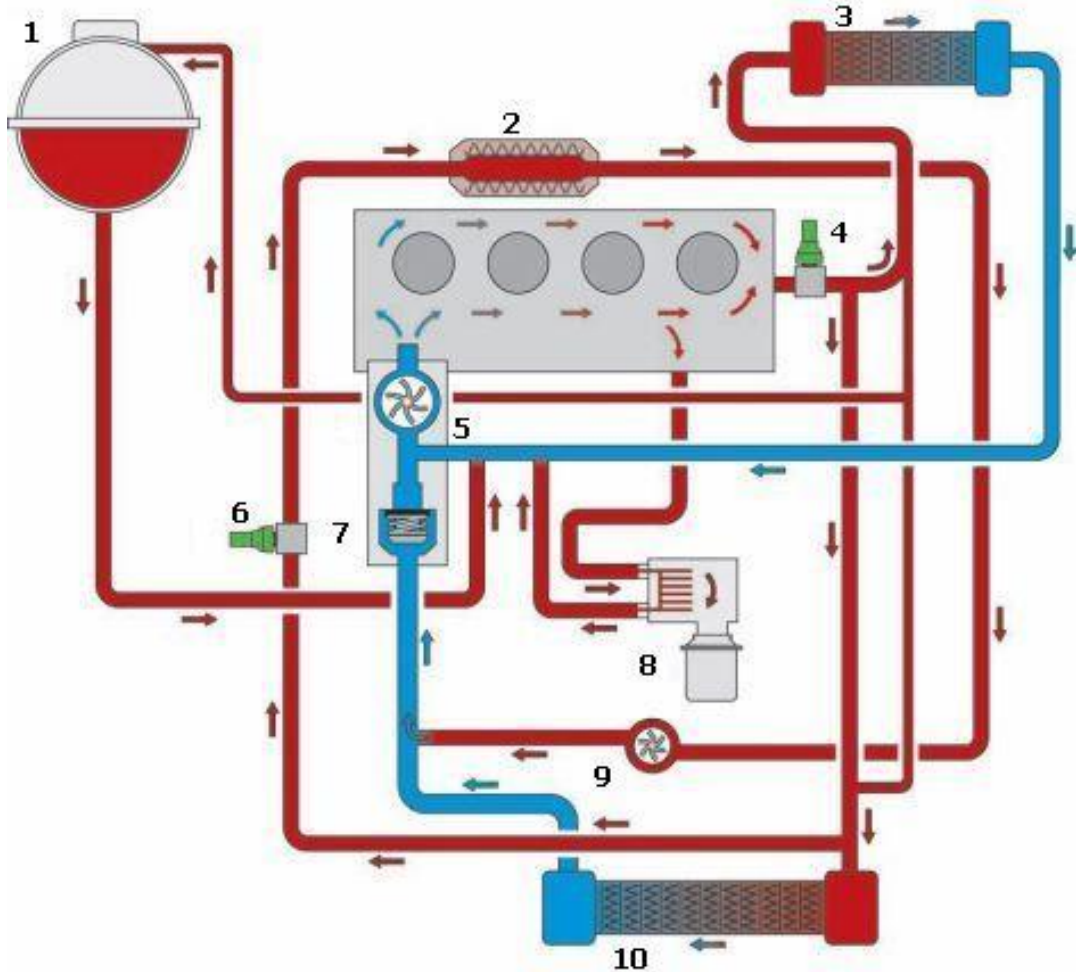
В начале занятия студента необходимо тщательно изучить информационный материал, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после чего кратко изложить изученный материал в тетради занятий в следующей последовательности:

Краткие теоретические сведения

Система охлаждения предназначена для охлаждения деталей двигателя, нагреваемых в результате его работы. На современных автомобилях система охлаждения, помимо основной функции, выполняет ряд других функций, в том числе:

- нагрев воздуха в системе отопления, вентиляции и кондиционирования;
- охлаждение масла в системе смазки;
- охлаждение отработавших газов в системе рециркуляции отработавших газов;
- охлаждение воздуха в системе турбонаддува;
- охлаждение рабочей жидкости в автоматической коробке передач.

На рисунке 1 представлена схема системы охлаждения Volkswagen AG.



1 – расширительный бачок; 2 – радиатор системы рециркуляции отработавших газов; 3 – теплообменник отопителя; 4 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 5 – насос охлаждающей жидкости; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости на выходе радиатора; 7 – термостат; 8 – масляный радиатор; 9 – дополнительный насос охлаждающей жидкости; 10 – радиатор системы охлаждения

Рисунок 1 – Схема системы охлаждения Volkswagen AG

В зависимости от способа охлаждения различают следующие виды систем охлаждения: жидкостная (закрытого типа), воздушная (открытого типа) и комбинированная. В системе жидкостного охлаждения тепло от нагретых частей двигателя отводится потоком жидкости. Воздушная система для охлаждения использует поток воздуха. Комбинированная система объединяет жидкостную и воздушную системы.

На автомобилях наибольшее распространение получили система жидкостного охлаждения. Данная система обеспечивает равномерное и эффективное охлаждение, а также имеет меньший

уровень шума. Поэтому, устройство и принцип действия системы охлаждения рассмотрены на примере системы жидкостного охлаждения.

Конструкция системы охлаждения бензинового и дизельного двигателей подобны. Система охлаждения двигателя включает множество элементов, среди которых радиатор охлаждающей жидкости, масляный радиатор, теплообменник отопителя, вентилятор радиатора, центробежный насос, а также расширительный бачок и термостат. В схему системы охлаждения включена «рубашка охлаждения» двигателя. Для регулирования работы системы используются элементы управления.

Радиатор предназначен для охлаждения нагретой охлаждающей жидкости потоком воздуха. Для увеличения теплоотдачи радиатор имеет специальное трубчатое устройство.

Наряду с основным радиатором в системе охлаждения могут устанавливаться масляный радиатор и радиатор системы рециркуляции отработавших газов. Масляный радиатор служит для охлаждения масла в системе смазки.

Радиатор системы рециркуляции отработавших газов охлаждает отработавшие газы, чем достигается снижение температуры сгорания топливно-воздушной смеси и образования оксидов азота. Работу радиатора отработавших газов обеспечивает дополнительный насос циркуляции охлаждающей жидкости, включенный в систему охлаждения.

Теплообменник отопителя выполняет функцию, противоположную радиатору системы охлаждения. Теплообменник нагревает, проходящий через него, воздух. Для эффективной работы теплообменник отопителя устанавливается непосредственно у выхода нагретой охлаждающей жидкости из двигателя.

Для компенсации изменения объема охлаждающей жидкости вследствие температуры в системе устанавливается расширительный бачок. Заполнение системы охлаждающей жидкостью обычно осуществляется через расширительный бачок.

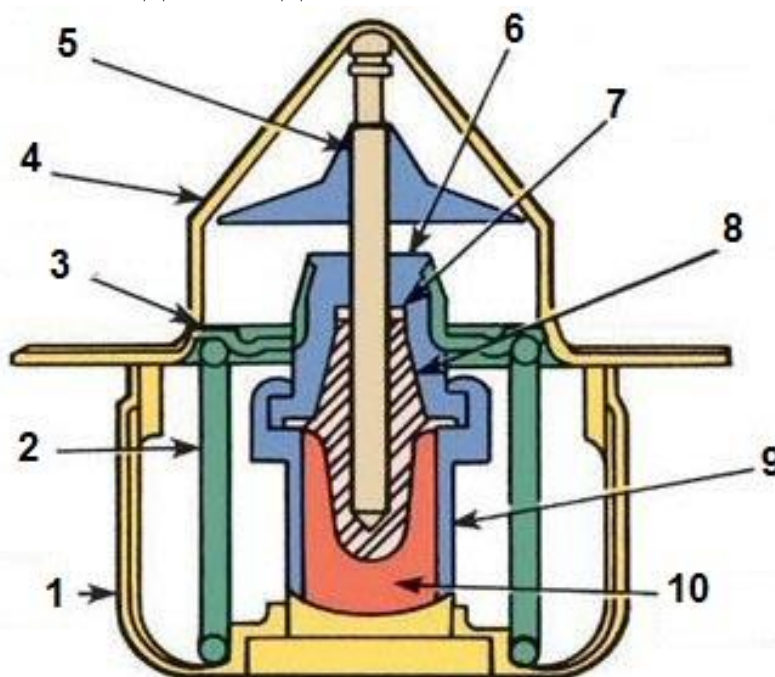
Циркуляция охлаждающей жидкости в системе обеспечивается *центробежным насосом* (рис. 2). В обиходе центробежный насос называют помпой. Центробежный насос может иметь различный привод: шестеренный, ременной и др. На некоторых двигателях, оборудованных турбонаддувом, для

охлаждения наддувочного воздуха и турбокомпрессора устанавливается дополнительный насос циркуляции охлаждающей жидкости, подключаемый блоком управления двигателем.



Рисунок 2 – Центробежный насос

Термостат (рис. 3) предназначен для регулировки количества охлаждающей жидкости, проходящей через радиатор, чем обеспечивается оптимальный температурный режим в системе. Термостат устанавливается в патрубке между радиатором и «рубашкой охлаждения» двигателя.



1 – нижняя рамка; 2 – возвратная пружина; 3 – тарелка клапана; 4 – верхняя рамка; 5 – шток; 6 – направляющее устройство; 7 – уплотнительное кольцо; 8 – резиновая полость; 9 – корпус клапана; 10 – термозлемент

Рисунок 3 – Термостат

На мощных двигателях устанавливается термостат с электрическим подогревом, который обеспечивает двухступенчатое регулирование температуры охлаждающей жидкости. Для этого в конструкции термостата предусмотрено три рабочих положения: закрытое, частично открытое и полностью открытое. При полной нагрузке на двигатель с помощью электрического подогрева термостата производится его полное открытие. При этом температура охлаждающей жидкости снижается до 90°C , уменьшается склонность двигателя к детонации. В остальных случаях температура охлаждающей жидкости поддерживается в пределах 105°C .

Вентилятор радиатора служит для повышения интенсивности охлаждения жидкости в радиаторе. Вентилятор может иметь различный привод:

- ✓ механический (постоянное соединение с коленчатым валом двигателя);
- ✓ электрический (управляемый электродвигатель);
- ✓ гидравлический (гидромуфта).

Наибольшее распространение получил электрический привод вентилятора, обеспечивающий широкие возможности для регулирования.

Типовыми элементами управления системы охлаждения являются датчик температуры охлаждающей жидкости, электронный блок управления и различные исполнительные устройства.

Датчик температуры охлаждающей жидкости фиксирует значение контролируемого параметра и преобразует его в электрический сигнал. Для расширения функций системы охлаждения (охлаждения отработавших газов в системе рециркуляции отработавших газов, регулирования работы вентилятора и др.) на выходе радиатора устанавливается дополнительный датчик температуры охлаждающей жидкости.

Сигналы от датчика принимает электронный блок управления и преобразует их в управляющие воздействия на исполнительные устройства. Используется, как правило, *блок управления двигателем* с установленным соответствующим программным обеспечением.

В работе системы управления могут использоваться

следующие исполнительные устройства: нагреватель термостата, реле дополнительного насоса охлаждающей жидкости, блок управления вентилятором радиатора, реле охлаждения двигателя после остановки.

Принцип работы системы охлаждения

Работу системы охлаждения обеспечивает система управления двигателем. В современных двигателях алгоритм работы реализован на основе математической модели, которая учитывает различные параметры (температуру охлаждающей жидкости, температуру масла, наружную температуру и др.) и задает оптимальные условия включения и время работы конструктивных элементов.

Охлаждающая жидкость в системе имеет принудительную циркуляцию, которую обеспечивает центробежный насос. Движение жидкости осуществляется через «рубашку охлаждения» двигателя. При этом происходит охлаждение двигателя и нагрев охлаждающей жидкости. Направление движения жидкости в "рубашке охлаждения" может быть продольным (от первого цилиндра к последнему) или поперечным (от выпускного коллектора к впускному).

В зависимости от температуры жидкость циркулирует по малому или большому кругу. При запуске двигателя сам двигатель и охлаждающая жидкость в нем холодные. Для ускорения прогрева двигателя охлаждающая жидкость движется по малому кругу, минуя радиатор. Термостат при этом закрыт.

По мере нагрева охлаждающей жидкости термостат открывается, и охлаждающая жидкость движется по большому кругу – через радиатор. Нагретая жидкость проходит через радиатор, где охлаждается встречным потоком воздуха. При необходимости жидкость охлаждается потоком воздуха от вентилятора. После охлаждения жидкость снова поступает в «рубашку охлаждения» двигателя. В ходе работы двигателя цикл движения охлаждающей жидкости многократно повторяется.

На автомобилях с турбонаддувом может применяться двухконтурная система охлаждения, в которой один контур отвечает за охлаждение двигателя, другой - за охлаждение наддувочного воздуха.

Порядок разборки жидкостного насоса легкового автомобиля:

- 1) снять ступицу шкива насоса (с жидкостных насосов автомобилей марки ВАЗ спрессовать зубчатый шкив);
- 2) отвернуть болты крепления крышки насоса;
- 3) съемником снять крыльчатку;
- 4) вывернуть фиксатор подшипника;
- 5) выпрессовать из корпуса подшипник в сборе с валиком.

Порядок сборки жидкостного насоса:

- 1) с помощью оправки установить манжету в корпус насоса, не допуская перекоса;
- 2) запрессовать подшипник с валиком в сборе в корпус так, чтобы гнездо под фиксатор совпало с отверстием в корпусе насоса;
- 3) завернуть фиксатор подшипника и закернить так, чтобы не происходило самоотвертывание фиксатора;
- 4) напрессовать на валик подшипника ступицу шкива насоса, выдержав размер $(117,5 + -0,2)$ мм;
- 5) напрессовать крыльчатку на валик подшипника заподлицо с корпусом насоса. Крыльчатка может выступать за плоскость корпуса не более чем на 0,2 мм;
- 6) установить на корпус прокладку и привернуть болтами крышку.

При напрессовке ступицы и крыльчатки необходимо разгружать корпус, фиксатор и подшипник насоса от усилий запрессовки, т.е. усилие при напрессовке должно быть направлено на торец валика.

Перед сборкой очистить и промыть детали насоса, удалить отложения с крыльчатки, корпуса и крышки. Проверить осевое перемещение наружной обоймы подшипника относительно валика, которое не должно превышать 0,13 мм при нагрузке 50 Н.

Подшипник насоса заполняется смазочным материалом на заводе - изготовителе и при ремонте насоса смазывания не требует.

После установки насоса на двигатель необходимо проверить натяжение ремня, которое осуществляется с помощью специального приспособления. При нажатии на ремень в средней части с усилием 40 Н прогиб ремня должен составлять 10... 15 мм.

Для проверки работы термостата его устанавливают на специальном устройстве, в бачке которого находится технический глицерин или вода. К основному клапану следует подвести

рычажок кронштейна, связанный с ножкой индикатора. Начальная температура в бачке устройства должна составлять 78...8 СРС. Температуру жидкости, находящейся в бачке, постепенно повышают со скоростью 1 °С/мин, постоянно перемешивая. За температуру начала открытия клапана принимается та, при которой ход основного клапана составит 0,1 мм. Если температура начала открытия основного клапана не соответствует (87 ± 2) °С или ход клапана при повышении температуры до 102 °С составляет менее 8 мм, то термостат необходимо заменить.

Радиатор и расширительный бачок снимают и устанавливают на холодном двигателе. Для этого следует открыть краники и слить охлаждающую жидкость, предварительно отвернув пробку расширительного бачка и радиатора, в противном случае жидкость не будет вытекать. Затем отсоединить электрические провода от датчиков и электродвигателя вентилятора. Отвернуть крепежные детали и снять шланги с радиатора и расширительного бачка. Отвернуть крепежные детали радиатора и снять его. Снять ремень крепления и вынуть расширительный бачок.

Порядок разборки и сборки жидкостного насоса и вентилятора без электромагнитной муфты:

1) отвернуть болты крепления вентилятора, снять вентилятор, распорное кольцо вентилятора, шкив вентилятора и шкив генератора;

2) отвернуть болт валика жидкостного насоса, снять с помощью съемника крыльчатку жидкостного насоса, снять уплотнительную манжету жидкостного насоса;

3) расшплинтовать и отвернуть гайку ступицы жидкостного насоса, снять ступицу шкива вентилятора и жидкостного насоса с помощью съемника;

4) вынуть стопорное кольцо подшипников жидкостного насоса, вынуть валик жидкостного насоса с подшипниками в сборе с помощью молотка и медной выколотки или легкого пресса;

5) снять с валика подшипники жидкостного насоса и распорную втулку подшипников;

6) проверить состояние деталей самоподвижной и уплотнительной манжеты, установить их в крыльчатку жидкостного насоса;

7) напрессовать на валик жидкостного насоса подшипники и распорную втулку до упора в стопорное кольцо;

8) запрессовать валик жидкостного насоса с подшипниками в споре в корпус жидкостного насоса и установить наружное стопорное кольцо.

Порядок разборки и сборки жидкостного насоса и вентилятора с электромагнитной муфтой:

- 1) отвернуть болты крепления и снять лопасти вентилятора;
- 2) снять крышку ступицы вентилятора, расшплинтовать и отвернуть гайку крепления ступицы вентилятора;
- 3) снять шайбу и ступицу вентилятора, вынуть стопорное кольцо и подшипники;
- 4) расшплинтовать и отвернуть болты крепления шкивов, снять малый шкив привода насоса с электромагнитной муфтой в сборе, а за тем большой шкив привода генератора;
- 5) с помощью съемника снять ступицу жидкостного насоса и вынуть шпонку;
- 6) отвернуть болт крепления крыльчатки жидкостного насоса и снять с помощью съемника крыльчатку с уплотнительной манжетой в сборе;
- 7) снять стопорное кольцо и вынуть детали самоподвижной уплотнительной манжеты;
- 8) снять наружное стопорное кольцо и выпрессовать валик жидкостного насоса с подшипниками в сборе;
- 9) спрессовать с валика подшипники и распорное кольцо;
- 10) напрессовать на валик жидкостного насоса подшипники и распорную втулку до упора в стопорное кольцо;
- 11) поставить валик с подшипниками в сборе в корпус и установить наружное стопорное кольцо;
- 12) собрать крыльчатку жидкостного насоса с уплотнительной манжетой;
- 13) напрессовать крыльчатку на валик жидкостного насоса до упора в торец лыски валика и затянуть болт крепления крыльчатки;
- 14) собрать ступицу жидкостного насоса со шкивами и электромагнитной муфтой, завернуть болты крепления и зашплинтовать их;
- 15) установить на валик сегментную шпонку и напрессовать ступицу в сборе до упора;
- 16) установить в ступицу вентилятора подшипники, поставить наружное стопорное кольцо, напрессовать ступицу вентилятора на валик, завернуть и зашплинтовать ее;

17) поставить вентилятор, завернуть болты, отрегулировать зазор между якорем и муфтой (0,5 мм), закрепить вентилятор гайками;

18) проверить легкость вращения вентилятора и валика жидкостного насоса.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные приборы системы охлаждения и объясните их назначение.
2. Опишите назначение, устройство и работу радиатора
3. Опишите назначение, устройство и работу жидкостного насоса.
4. Опишите назначение, устройство и работу термостатов
5. Каково назначение расширительного бачка
6. Опишите назначение, устройство и работу жалюзи.
7. Каково назначение системы охлаждения закрытого типа?
8. Приведите составы низкозамерзающих жидкостей
9. Опишите назначение и устройство вентиляторов. Как осуществляется привод вентиляторов?
10. Требования, предъявляемые к системе охлаждения.

Лабораторная работа № 5

Тема. *Изучение системы мазки ДВС*

Цель занятия – изучить схему подачи масла к трущимся поверхностям; разборку, сборку, устройство и работу приборов смазочной системы.

Методические указания

В начале занятия студента необходимо тщательно изучить информационный материал, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после чего кратко изложить изученный материал в тетради для лабораторных занятий в следующей последовательности:

Краткие теоретические сведения

Смазочная система служит для уменьшения износа трущихся поверхностей деталей двигателя, удаления продуктов изнашивания и частичного охлаждения деталей. Циркулирующее между трущимися поверхностями масло предохраняет их от коррозии. Тонкий слой масла, находящийся на поршнях и зеркале цилиндров, обеспечивает уплотнение поршня, повышая компрессию цилиндра.

В смазочных системах автомобильных двигателей смазывание осуществляется под давлением, разбрызгиванием, а также самотеком.

Под давлением смазываются наиболее нагруженные детали кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов: коронные и шатунные шейки коленчатого вала, опорные шейки распределительного вала, коромысла, распределительные зубчатые колеса при нижнем расположении распределительного вала.

Цилиндры, поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, кулачки и зубчатые колеса распределительного вала смазываются *разбрызгиванием*.

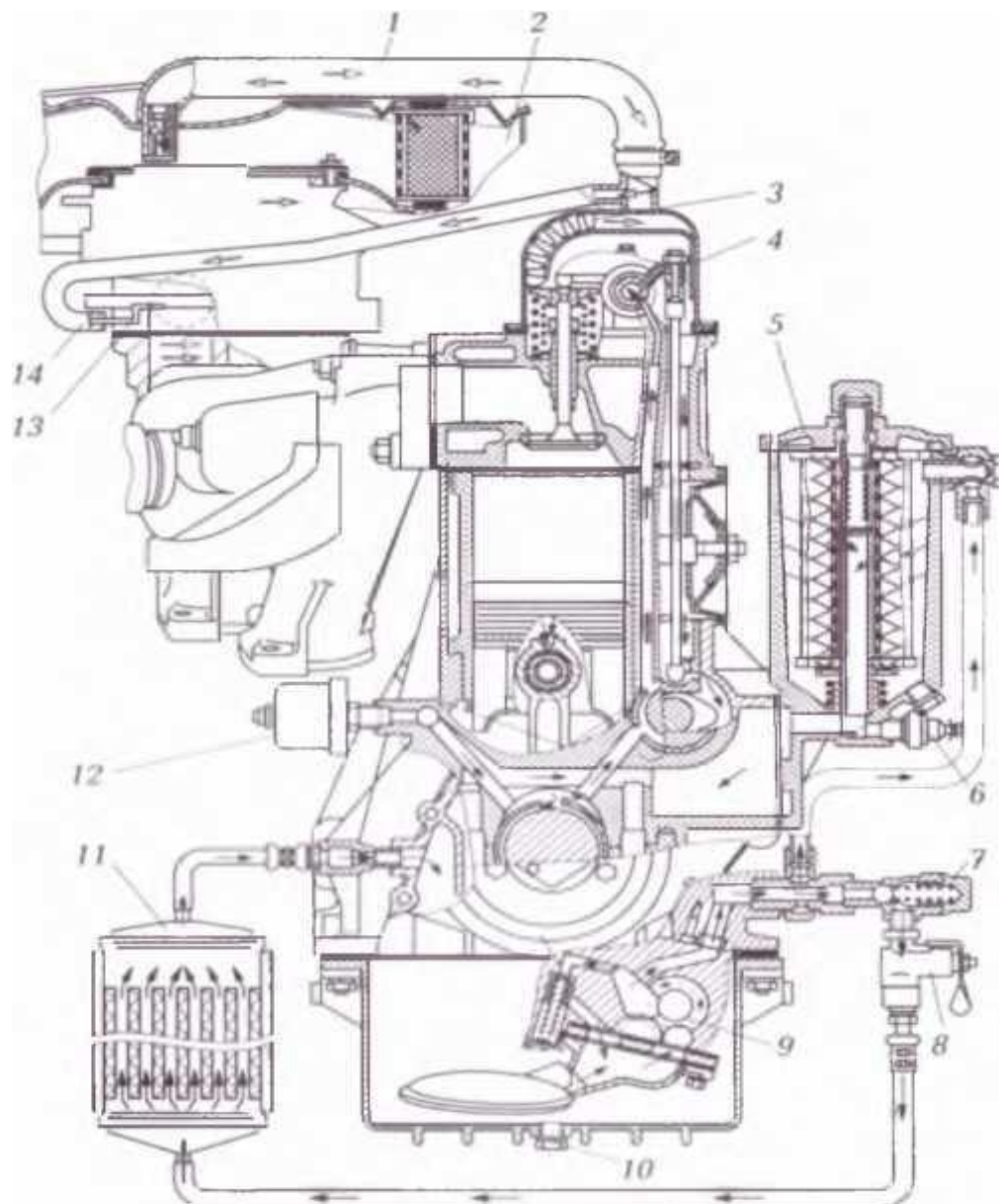
Самотеком смазываются нижние концы штанг, направляющие втулки толкателей и частично кулачки распределительного вала.

Смазочная система состоит из масляного насоса с маслоприемником 9 (рис. 1), установленного внутри поддона картера двигателя, полнопоточного масляного фильтра со сменным

картонным фильтрующим элементом, масляного радиатора 11 с запорным краном 8 и предохранительным клапаном 7. В поддоне картера для контроля смазочной системы установлен датчик давления масла (указатель находится на щитке приборов) и датчик 12, установленный в масляной магистрали. В кабине водителя на щитке приборов устанавливается сигнализатор аварийного давления масла, а в нижней части масляного фильтра установлен датчик 6 аварийного давления масла.

Масляный насос приводится в действие зубчатым колесом распределительного вала через дополнительный валик.

Во время работы двигателя масляной насос забирает через маслоприемник масло из поддона картера двигателя и направляет его в полнопоточный масляный фильтр 5. Пройдя через фильтрующий элемент, масло поступает в главную масляную магистраль, откуда через каналы в перегородках и стенках картера поступает к коренным шейкам коленчатого и опорным шейкам распределительного валов. От коренных шеек масло по их каналам направляется к шатунным шейкам. Пройдя через центробежные грязеуловители шатунных шеек, масло поступает к шатунным подшипникам. Для поступления масла из канала в коренную шейку в верхнем вкладыше имеется специальное отверстие, а для того чтобы масло непрерывно поступало к шатунным подшипникам, на коренных вкладышах имеются кольцевые канавки. К шатунным подшипникам подведены каналы, которые идут через коренные шейки, щеки вала и шатунные шейки. На шатунных вкладышах имеются отверстия, выполненные таким образом, что при вращении вала они совпадают с масляным каналом в шатунной шейке. В нижней головке шатуна также имеется отверстие, направленное на правую сторону двигателя. В момент совпадения этих отверстий из них выбрасывается струя масла, направленная вверх. Таким образом осуществляется смазывание цилиндров и поршней разбрызгиванием.



1 и 14 — шланги; 2 — воздушный фильтр; 3 — фильтрующий элемент; 4 — крышка коромысел; 5 — масляный фильтр; 6 — датчик аварийного давления масла; 7 — предохранительный клапан масляного радиатора; 8 — запорный кран масляного радиатора; 9 — масляный насос маслоприемником; 10 — пробка сливного отверстия картера двигателя; 11 — масляный радиатор; 12 — датчик давления масла; 13 — золотниковое устройство вентиляции картера

Рисунок 1 – Смазочная система и система вентиляции картера двигателя автомобиля ГАЗ-31029

Далее через зазоры между бобышками поршней и верхней головкой шатуна масло попадает на поршневые пальцы. Для

смазывания втулки и пальца в верхней головке шатуна имеется отверстие, через которое масло попадает внутрь втулки верхней головки шатуна. При движении поршня к НМТ маслосъемные кольца снимают с зеркала цилиндров излишки масла, которое через отверстия в кольцевых канавках головки поршня с силой выбрасывается внутрь поршня и, попадая на поршневые пальцы, смазывает их. Стекая вниз, масло попадает на вращающийся коленчатый вал и разбрасывается им в разные стороны, создавая в картере масляный туман. Масло, выдавливаемое из зазоров шатунных шеек, тоже разбрызгивается.

К опорным шейкам распределительного вала масло подается по каналам. От задней опорной шейки идет канал, по которому масло подается в полуось коромысел и далее через радиальные сверления к втулкам коромысел. В коротком плече коромысла имеется продольный канал, который выходит в резьбовое отверстие регулировочного болта, служащее для регулировки теплового зазора в клапанном механизме. В средней части болта снаружи имеется кольцевая проточка, к которой подходит канал в плече коромысла. Регулировочный болт со стороны головки имеет продольный канал. Радиальное отверстие соединяет этот канал с Кольцевой проточкой болта. Через эти каналы масло под давлением подается на верхний наконечник штанги и смазывает его.

Излишки масла по штанге стекают вниз и попадают внутрь толкателей, а через два отверстия сбоку толкателей масло самотеком выходит и смазывает направляющие втулки толкателей. В момент хода вниз нижней части толкателей эти отверстия выходят из направляющих втулок, и масло, выходящее из этих отверстий, смазывает кулачки распределительного вала.

На передней опорной шейке распределительного вала снаружи имеются полукольцевые проточки, а также канал, выходящий на торцевую сторону передней опорной шейки. Через этот канал и полукольцевые проточки на шейке масло пульсирующей струей подается на ромбообразную шайбу, удерживающую распределительный вал от осевого смещения. Для смазывания распределительных зубчатых колес в подшипнике передней опорной шейки имеется канал, от которого через трубку масло пульсирующей

струей подается на зубчатые колеса.

В смазочной системе имеется три клапана: редукционный в

масляном насосе, перепускной в масляном фильтре и предохранительный в приводе масляного радиатора.

Редукционный клапан служит для ограничения максимального давления в смазочной системе двигателя. Масляный насос подает в смазочную систему значительно больше масла, чем это требуется, вызывая повышенное давление. Особенно это имеет место в холодное время года, когда двигатель не прогрет до нормальной температуры. Повышенное давление может привести к выдавливанию прокладок, разрыву трубопроводов. Для ограничения максимального давления и предохранения приборов и деталей смазочной системы устанавливают редукционный клапан. Кроме того, при эксплуатации автомобиля сопряженные пары изнашиваются. Зазор между ними увеличивается (особенно в коренных и шатунных подшипниках КШМ, подшипниках распределительного вала), расход масла увеличивается, давление падает. Редукционный клапан уменьшает перепуск масла и поддерживает нормальное максимальное давление в смазочной системе двигателя.

Перепускной клапан устанавливают в центральном трубчатом стержне, он предназначен для перепуска неочищенного масла в случае загрязнения фильтрующего элемента. При чистом фильтрующем элементе разница давлений в корпусе фильтра перед фильтрующим элементом и внутри центрального стержня после прохождения масла через фильтрующий элемент не превышает 10...20 кПа. При загрязнении фильтрующего элемента сопротивление течению масла увеличивается и давление снижается. Если давление достигает 60...70 кПа, то перепускной клапан открывается, пропуская часть неочищенного масла в главную масляную магистраль.

Предохранительный клапан устанавливают в системе масляного радиатора. При открытии краника включения масляного радиатора масло сдвигает шариковый клапан, сжимая пружину, масло поступает в масляный радиатор и, пройдя через сердцевину радиатора, сливается обратно в поддон картера двигателя. Нормальное давление масла в смазочной системе должно составлять 0,2... 0,4 МПа.

При работе двигатель может перегреваться, что приводит к разжижению масла и падению давления. Масляный радиатор включен в смазочную систему параллельно, из главной масляной

магистрали в него отводится около 20 % масла. Если произойдет сильное разжижение, то большая часть масла начнет поступать в радиатор.

К трущимся поверхностям масла будет подаваться недостаточно, что может привести к выплавлению коренных и шатунных подшипников. Для предотвращения этого имеется предохранительный клапан. Если давление масла менее 70...90 кПа, то пружина прижмет шарик к седлу и прекратит подачу масла в масляный радиатор, хотя краник включения радиатора останется открытым.

Контроль за работой смазочной системы осуществляется с помощью указателя давления масла, датчик которого установлен в главной масляной магистрали, и сигнализатора аварийного давления, который расположен на щитке приборов.

Уровень масла в картере двигателя контролируется с помощью масломерной линейки.

На автомобилях ЗИЛ-433100, -130, ГАЗ-53А, а также на автомобилях марки КамАЗ установлены двухсекционные масляные насосы.

Двухсекционный масляный насос состоит из корпуса верхней секции, в котором установлены ведущее и ведомое зубчатые колеса, находящиеся в постоянном зацеплении. Ведущее зубчатое колесо с помощью шпонки закреплено на ведущем валу. На отдельной оси свободно установлено ведомое зубчатое колесо. Верхняя секция закрыта крышкой. В крышке располагается реакционный клапан, состоящий из плунжера, пружины и пробки. Плунжер перекрывает канал, соединяющий полости низкого и высокого давления.

С помощью болтов к корпусу верхней секции крепится корпус нижней радиаторной секции.

Ведущий вал проходит через крышку верхней секции, на его конце с помощью шпонки установлено ведущее зубчатое колесо нижней радиаторной секции, которое находится в постоянном зацеплении с ведомым зубчатым колесом, свободно вращающимся на оси. В корпусе нижней секции установлен перепускной клапан, состоящий из шарика, пружины и пробки. Пружина прижимает шарик, перекрывая отверстие, через которое посредством канала нагнетательная полость сообщается с полостью всасывания.

Масло из поддона картера двигателя поступает в

маслоприемник, который состоит из корпуса, приемной трубки, сетчатого фильтра для грубой очистки масла. Сетка крепится на корпусе с помощью пружины. Если сетка чистая, масло свободно проходит и через трубку поступает в масляный насос. Если сетка загрязнена, то в области заборной трубки создается разрежение и концы сетки отходят от корпуса. Через образовавшиеся щели нефилтрованное масло проходит в масляный насос.

При работе двигателя ведущее зубчатое колесо обеих секций масляного насоса вращается по часовой стрелке, а ведомое — против. В верхней части корпуса (условно) при вращении зубчатых колес при выходе зубьев из зацепления между ними создается разрежение, и туда из поддона поступает масло. Вращаясь, зубчатые колеса переносят масло далее. В нижней части (полость высокого давления) зубья входят в зацепление, выдавливая масло, которое под давлением поступает в канал. Для ограничения давления нагнетательная секция имеет редукционный клапан. Если давление в полости высокого давления окажется выше, чем то, на которое отрегулирована пружина, плунжер, сжимая пружину, отойдет от седла и часть масла из полости высокого давления поступит в полость всасывания.

Радиаторная секция масляного насоса работает аналогично, но перепускной клапан начинает перепускать масло в тот момент, когда кран включения масляного радиатора закрыт. Это необходимо для уменьшения сопротивления вращению зубчатого колеса и сокращения расхода мощности двигателя.

Фильтры тонкой очистки масла предназначены для очистки масла от частиц размером до 1 мкм. В зависимости от материала фильтрующего элемента они разделяются на бумажные, картонные и фильтры с поглощающими массами. Бумажные фильтры обеспечивают высокую степень очистки, но быстро загрязняются и требуют частой замены фильтрующего элемента.

Большое распространение получили *полнопоточные бумажные фильтры тонкой очистки* с фильтрующим элементом из специальной бумажной ленты, собранной в гармошку. Масло, проходя через поры бумаги, освобождается от механических частиц размером до 1 мкм.

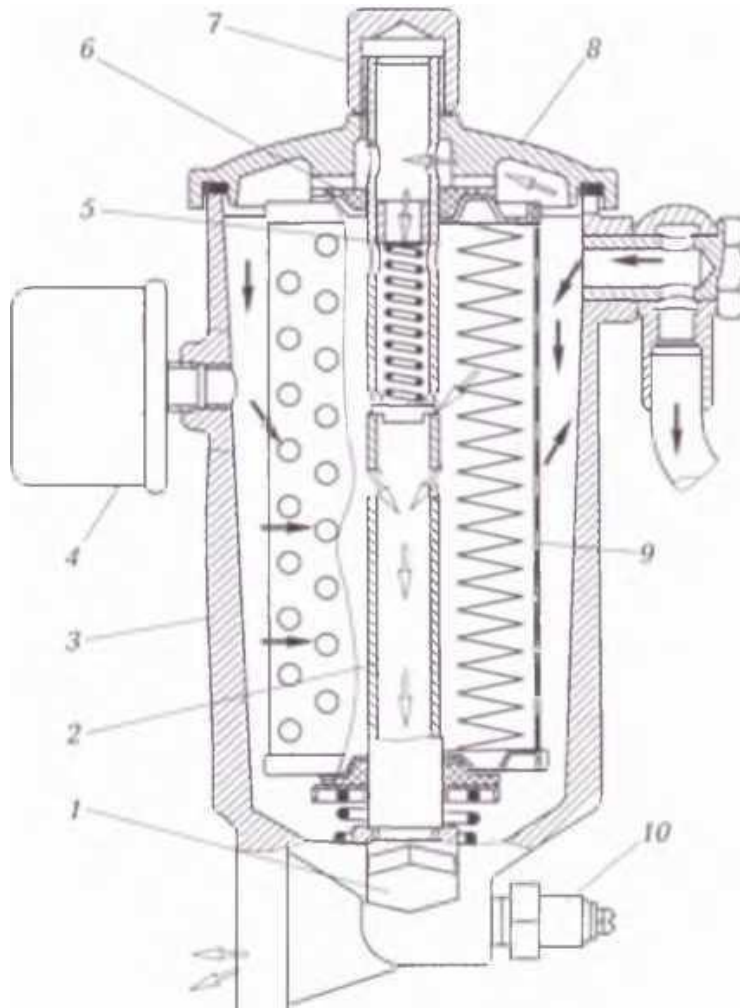
В двигателях ЗМЗ-4025, -4026 автомобилей «ГАЗель» и ГАЗ-31029 «Волга» устанавливаются полнопоточные фильтры с бумажным или хлопчатобумажным фильтрующим элементом. Через

фильтр проходит все масло, перекачиваемое масляным насосом.

Основные детали фильтра (рис. 2): корпус 3, фильтрующий элемент 9, перепускной клапан 5. Корпус из алюминиевого сплава привалочной плоскостью через паронитовую прокладку четырьмя шпильками крепится к блоку цилиндров двигателя. В нижнюю часть корпуса ввернут центральный стержень 2 трубчатого сечения. В стержне имеется четыре ряда отверстий. Верхний ряд отверстий находится над фильтрующим элементом 9 и над клапаном 5.

Перепускной клапан 5 установлен в канале центрального стержня и состоит из текстолитовой пластинки, седла, пружины и упора пружины.

В нижней части корпуса имеется отверстие для слива масла, закрываемое пробкой 1, и отверстие, в которое ввернут датчик 10 аварийного давления масла. В верхней части корпуса имеется отверстие, в которое ввернут датчик 4 давления масла (и двигателях ЗМЗ-402 и - 4021 автомобилей «Волга» это отверстие закрыто пробкой, а датчик указателя давления масла ввернут в главную масляную магистраль). В верхней части корпуса имеется бобышка для присоединения трубки подвода масла к фильтру от масляного насоса. Корпус фильтра закрывает алюминиевая крышка, которая крепится к центральному стержню колпачковой гайкой 7. В проточку крышки заложена резиновая уплотнительная прокладка. Гайка крышки уплотнена фибровой прокладкой.



1 — пробка сливного отверстия; 2 — стержень; 3 — корпус; 4 — датчик давления масла; 5 — перепускной клапан; 6 — уплотнительная прокладка; 7 — колпачковая гайка; 8 — крышка; 9 — фильтрующий элемент; 10 — датчик аварийного давления масла

Рисунок 2 – Масляный фильтр автомобилей семейств «ГАЗель» и «Волга»

Сменный фильтрующий элемент надет на центральный полый стержень 2. Сверху фильтрующий элемент уплотнен прокладкой 6, а снизу — прокладкой с пружиной.

Масло поступает в корпус фильтра по трубке из масляного насоса, просачиваясь через поры фильтрующего элемента, далее поступает к центральному стержню, проходит через отверстия внутри стержня и через канал в привалочной плоскости нагнетается в главную масляную магистраль.

При чистом фильтрующем элементе перепад давлений из-за сопротивления перед фильтрующим элементом и внутри стержня составляет 10...20 кПа. При этом все масло проходит через

фильтрующий элемент. По мере засорения фильтрующего элемента сопротивление увеличивается, и когда давление составит 70...90 кПа (для двигателей ЗМЗ-402 и -4021 автомобилей «Волга» 60...70 кПа), открывается перепускной клапан и масло поступает внутрь центрального стержня мимо фильтрующего элемента, а оттуда в главную масляную магистраль картера двигателя.

В двигателях вместо масляных фильтров со сменными картонными фильтрующими элементами применяют *фильтры тонкой очистки центробежного типа*. В двигателях ЗИЛ-5301 и -508.10 устанавливают только полнопоточные фильтры центробежной очистки масла. В двигателях ЗИЛ-645 автомобилей ЗИЛ-433100, ЯМЗ-740 и автомобилей марки КамАЗ фильтры центробежной очистки включены в смазочную систему параллельно, через них проходит примерно 15...20% масла от объема, которое нагнетает в главную масляную магистраль масляный насос. В этих двигателях фильтры центробежной очистки очищают масло, которое поступает для охлаждения в масляный радиатор и, пройдя через него, стекает в поддон картера двигателя.

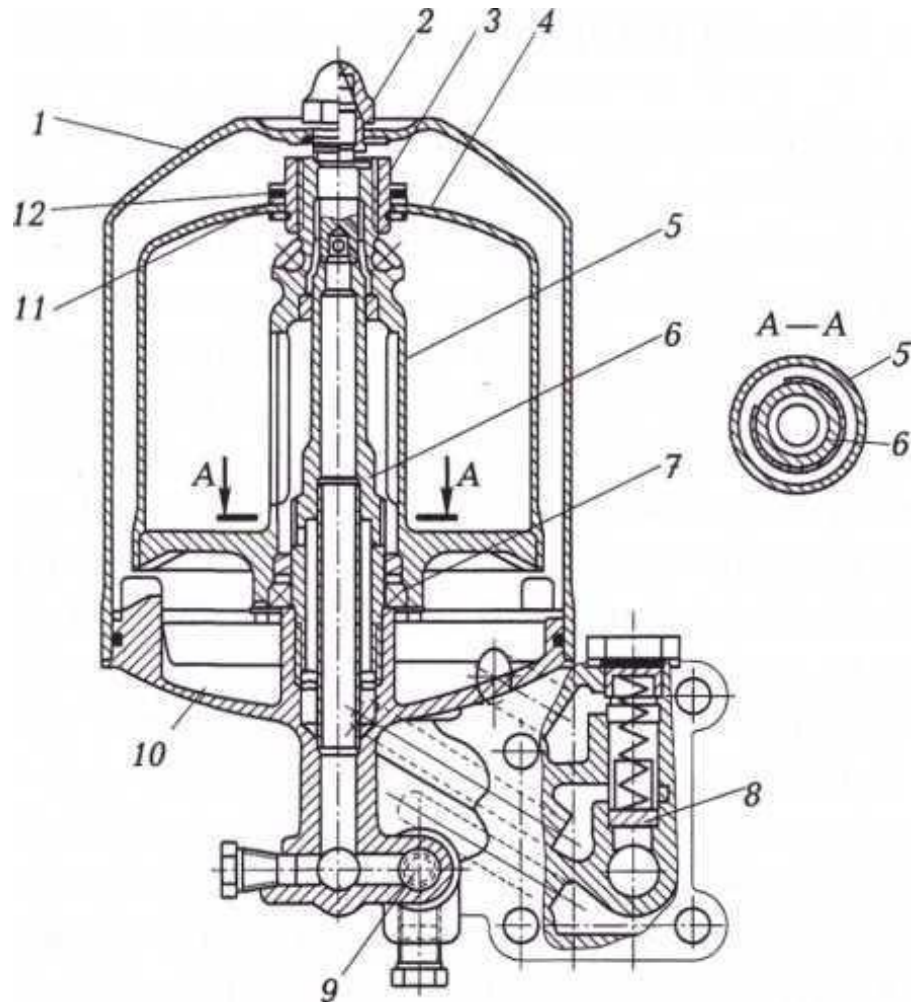
Преимуществом фильтров центробежной очистки по сравнению с фильтрами со сменными картонными фильтрующими элементами являются отсутствие сменных элементов, высокая фильтрующая способность при небольшом сопротивлении, небольшие размеры. Недостатком центробежного маслоочистителя являются резкое ухудшение фильтрации при понижении температуры масла и повышении вязкости и ухудшение качества масла вследствие отфильтрации присадок.

Центробежный маслоочиститель состоит из корпуса 10 (рис.3), который болтами крепится к правой передней части блока цилиндров, и ротора 5, установленного на оси 6 маслоочистителя на опорном шариковом подшипнике 7. Крышка ротора уплотнена на оси с помощью прокладки 11 и шайбы 12. Ротор закрывается колпаком 1. Кроме того, имеются отсечной 8 и сливной 9 клапаны.

Масло из картера двигателя подается в центробежный маслоочиститель радиаторной секцией масляного насоса. Ротор маслоочистителя вращается на радиальном шарикоподшипнике, который для предотвращения осевого перемещения закреплен на оси и в роторе. Ротор вращается под действием струи масла,

выбрасываемого из щели, которая находится у основания оси.

Под действием центробежных сил механические частицы, находящиеся в масле, отбрасываются к внутренней цилиндрической поверхности крышки ротора и оседают на ней, образуя плотный осадок.



- 1 — колпак; 2 — гайка колпака; 3 — гайка крышки ротора; 4 — крышка ротора; 5- ротор; 6 — ось маслоочистителя; 7 — шариковый подшипник; 8 — отсечной клапан; 9 — сливной клапан; 10 — корпус; 11 — прокладка; 12 — шайба

Рисунок 3 – Центробежный маслоочиститель

Масляные радиаторы установлены перед радиатором системы охлаждения двигателя для обдува воздухом сердцевины масляного радиатора, которая может иметь различное исполнение: трубчатое с наваренными ребрами или трубчато-пластинчатое.

Трубчато-пластинчатый радиатор смазочной системы автомобиля ГАЗ-31029 «Волга» состоит из двух бачков, между которыми находится сердцевина, изготовленная из плоских трубок. Для уве-

личения площади охлаждения трубки размещены в поперечных пластинах. Сердцевина и бачки помещены в рамку, которая повышает жесткость радиатора. Масло подводится из главной масляной магистрали по подводящему шлангу. На радиаторе имеется кран. Для того чтобы включить радиатор, ручку крана следует установить параллельно шлангу. Охлажденное масло по шлангу стекает в поддон картера двигателя. Радиатор снабжен предохранительным (ограничительным) клапаном. При включенном радиаторе и нормальном давлении в системе масло сдвигает шарик, сжимая пружину, и через открытый клапан проходит в радиатор. Если давление в системе ниже 70...90 кПа, то пружина прижимает шарик к седлу и перекрывает доступ масла в радиатор.

На двигателях ЗИЛ-508.10 применяется вентиляция картера закрытого типа с отсосом картерных газов во впускную трубу. Картерная полость через маслоуловитель 8 (рис. 4), клапан и трубку 9 вентиляции картера соединяется с впускной трубой двигателя.

Во впускной трубе у работающего двигателя всегда создается разрежение, которое через трубку 9 вентиляции картера, клапан 3 и маслоуловитель 8 передается в картер, и из картера поступают картерные газы. Из впускной трубы картерные газы через впускной клапан 10 вместе с горючей смесью поступают в цилиндры, где происходит догорание, продукты горения удаляются в окружающую среду через выпускной тракт.

Регулируется количество отсасываемых картерных газов клапаном 3, который состоит из штуцера 7, внутри которого имеется шарик 6 и пружина 5. Пружина опускает шарик вниз, но он не перекрывает канал, и картерные газы свободно выходят из картера во впускную трубу.

Интенсивность отсоса картерных газов зависит от степени разрежения во впускной трубе, а оно зависит от частоты вращения коленчатого вала и степени открытия дроссельных заслонок в карбюраторе. Наибольшее разрежение имеет место при работе двигателя с малой частотой вращения на холостом ходу. При этом количество отсасываемых картерных газов будет наибольшее. Картерные газы поступают во впускную трубу ниже карбюратора, следовательно, они не участвуют в приготовлении горючей смеси. Таким образом, чем больше во впускную трубу поступит газов из картера, тем меньше поступит горючей смеси, что приводит к

обеднению горючей смеси. Поэтому двигатель не сможет работать на режимах с малой частотой вращения коленчатого вала.

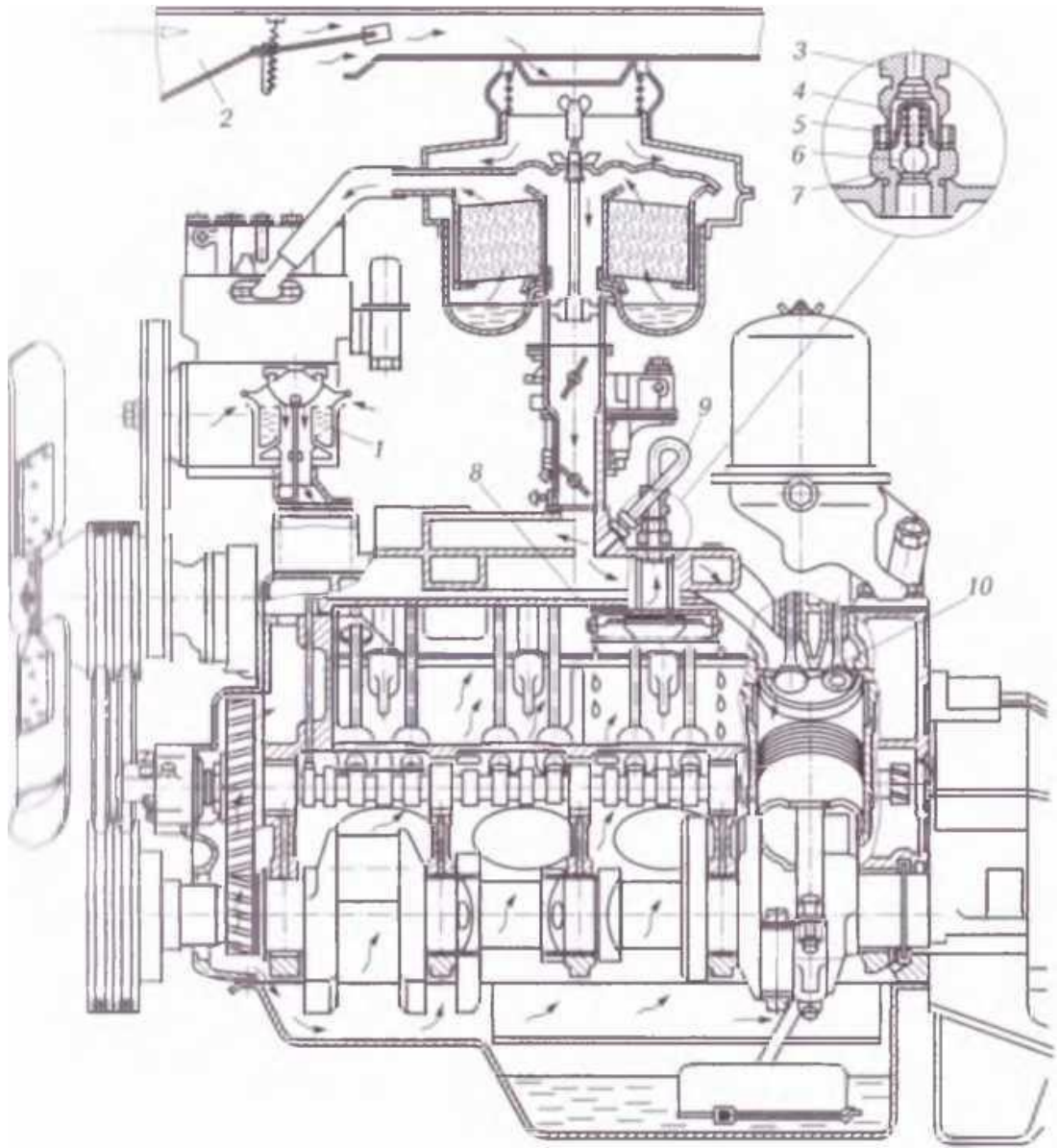
Регулирует отсос картерных газов клапан 3. При работе двигателя со средней и большой частотой вращения разрежение во впускной трубе сравнительно небольшое. Клапан 3 открыт, и отработавшие газы свободно поступают из картера во впускную трубу. При переходе двигателя на малую частоту вращения коленчатого вала из-за закрытия дроссельных заслонок во впускной трубе создается очень большое разрежение и из картера во впускную трубу устремляется сильный поток газа. Шарик поднимается, сжимая пружину, и перекрывает канал отсоса картерных газов. Поскольку витки пружины 5 не позволяют шарик прижаться к седлу, а сами витки не обеспечивают герметичности, то через эти неплотности и при работе двигателя с малой частотой вращения коленчатого вала происходит вентиляция, но небольшая.

При разрежении в картере двигателя вследствие вентиляции в картер через воздушный фильтр 1 вентиляции картера начинает поступать воздух из окружающей среды, плотность которого больше, чем плотность картерных газов, поэтому он опускается к маслу, вытесняя картерные газы, которые постепенно удаляются в систему вентиляции. Отделение масляной пыли от картерных газов происходит в маслоуловителе, из которого масло стекает в поддон картера.

Вентиляция картера двигателя легкового автомобиля — закрытая, принудительная, осуществляется за счет разрежения во впускной трубе и воздушном фильтре (рис. 5).

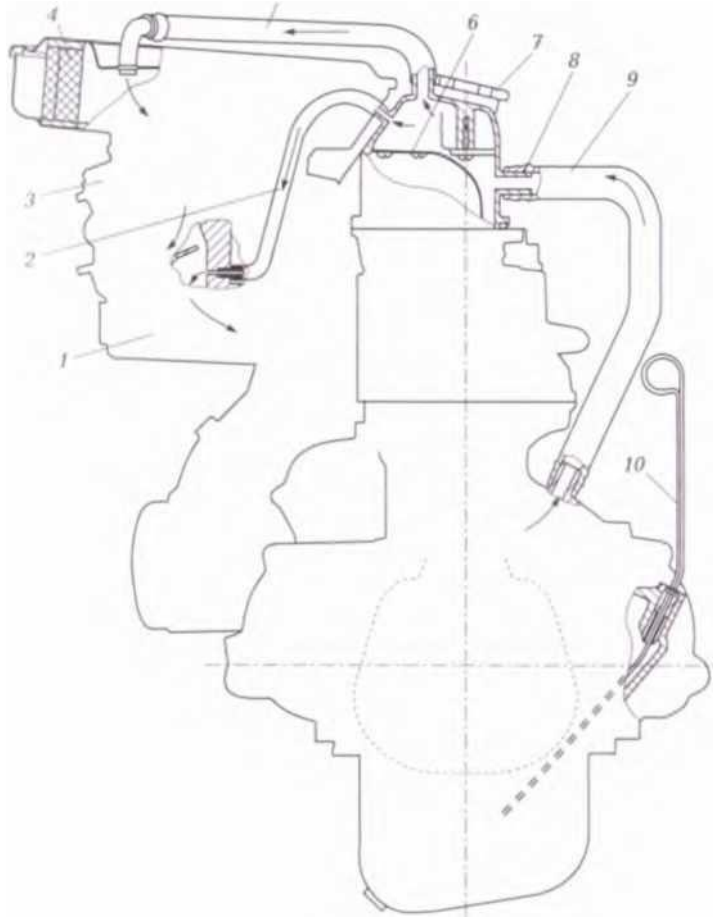
При расположении распределительного вала на головке блока цилиндров отсос картерных газов происходит через нижний вытяжной шланг 9, который соединяет патрубки 8 вытяжного шланга на картере и крышке головки блока цилиндров.

Из окружающей среды



1 - воздушный фильтр; 2 — воздухоподводящий канал; 3 — клапан; 4 — стакан пружины; 5 — пружина; 6 — шарик; 7 — штуцер; 8 — маслоуловитель; 9 — трубка вентиляции картера; 10 — впускной клапан

Рисунок 4 – Схема вентиляции картера двигателя ЗИЛ-508.10



1 – впускная труба; 2— шланг отвода картерных газов в задрессельную полость карбюратора; 3 — карбюратор; 4 — фильтрующий элемент воздушного фильтра; 5 и 9 - верхний и нижний вытяжные шланги соответственно; 6 — фильтрующий элемент маслоотделителя; 7 — крышка маслоналивной горловины; 8 — патрубок вытяжного шланга; 10 — указатель уровня масла

Рисунок 5 – Схема вентиляции картера двигателя легковых автомобилей

Полость под крышкой сообщается с помощью верхнего вытяжного шланга 5 с полостью разрежения воздушного фильтра и шлангом отвода картерных газов соединена с задрессельной полостью карбюратора, т.е. с корпусом дроссельных заслонок карбюратора 3 и впускной трубой 1.

Газы из картера отсасываются на режимах холостого хода работы двигателя и малых нагрузках через шланг 2 и калиброванное отверстие карбюратора во впускную трубу двигателя, а затем поступают в цилиндры двигателя.

При больших нагрузках дроссельные заслонки открыты пол-

ностью и разрежение около отверстия вентиляции картера невелико, поэтому отсос картерных газов происходит через верхний вытяжной шланг 5 в воздушный фильтр двигателя. На остальных режимах работы двигателя отсос картерных газов происходит через воздушный фильтр и калиброванное отверстие карбюратора. Задержание масляной пыли осуществляется с помощью маслоотделителя и его фильтрующего элемента 6. Чистый воздух в картер поступает через маслоналивную горловину, закрытую крышкой 7.

Порядок разборки и сборки масляного насоса:

1. отвернуть гайки крепления насоса к двигателю и снять насос с прокладкой;
2. отвернуть болты крепления корпуса нижней секции и разъединить корпус насоса, снять прокладки;
3. вынуть валик с ведущими зубчатыми колесами и ведомые зубчатые колеса нижней и верхней секций;
4. снять ведущее зубчатое колесо секции, вынуть шпонку и снять перегородку масляного насоса;
5. отвернуть пробку редукционного клапана нижней секции, вынуть пружину и плунжер;
6. поставить плунжер, пружину и завернуть пробку редукционного клапана нижней секции;
7. поставить на валик масляного насоса перегородку, шпонку и ведущее зубчатое колесо нижней секции через прокладки;
8. поставить ведомые зубчатые колеса нижней и верхней секций, ведущий вал с зубчатыми колесами и соединить секции через прокладки;
9. завернуть болты крепления корпуса;
10. залить маслом насос, установить на двигатель и завернуть гайки крепления.

Порядок разборки и сборки фильтра центробежной очистки масла:

1. снять фильтр вентиляции картера с маслоналивного патрубка;
2. отвернуть гайку-барашек и снять кожух центробежного фильтра;
3. отвернуть гайку крепления ротора и осторожно снять шайбу и ротор с колпаком.

4. отвернуть круглую гайку крепления кожуха ротора, удерживая кожух от вращения, и осторожно, упором в гайку, снять кожух вместе с осадками; если отвернуть круглую гайку рукой невозможно, то следует стронуть ее с места с помощью отвертки, вставленной ребром в одну из прорезей круглой гайки.

5. снять сетку с ротора и подшипник с оси ротора;

6. после промывки фильтра (кожуха и ротора) поставить подшипник на ось ротора, сетку на ротор и кожух на поддон ротора и завернуть круглую гайку, не повреждая уплотнитель, при этом необходимо следить, чтобы кожух плотно, без перекоса подошел к поддону ротора;

7) поставить ротор с колпаком на ось, положить шайбу и закрепить гайку;

8) поставить кожух фильтра и закрепить гайкой-барашком;

9) надеть фильтр на маслоналивную горловину.

Порядок очистки масляных трубопроводов:

1. наружные трубопроводы масляного радиатора (подводящий и отводящий) и фильтра центробежной очистки масла отвернуть, промыть керосином и продуть сжатым воздухом;

2. каналы главной магистрали, осей коромысел и каналы к фильтру центробежной очистки промыть при разборке двигателя и очистить с помощью волосяных ершиков на длинных проволочных ручках.

3) для очистки грязеуловителей в шатунных шейках коленчатого вала отвернуть резьбовые пробки, очистить их и промыть керосином, промыть все каналы коленчатого вала, затем продуть их воздухом, пробки завернуть до упора и закернить от самоотворачивания;

4) снять фильтр наливного патрубка, осмотреть патрубков, поставить фильтр, осмотреть указатель уровня масла (с левой стороны двигателя) и расположение меток на стержне;

5) отвернуть болт крепления трубки вентиляции картера, определить направление скоса на конце трубки, очистить и поставить ее на место.

Контрольные вопросы

1. Какие масла применяются в смазочной системе двигателей?

2. Каково назначение смазочной системы и ее основных приборов?

3. Опишите назначение, устройство и работу масляного насоса.
4. Опишите назначение, устройство и работу масляного фильтра со сменным фильтрующим элементом.
5. Опишите назначение, устройство и работу фильтра центробежной очистки масла.
6. Опишите назначение, устройство и работу масляных радиаторов. Когда следует включать масляный радиатор?
7. Как осуществляется смазывание деталей двигателя под давлением, разбрызгиванием и самотеком?

Лабораторная работа № 6

Тема. Изучение системы питания карбюраторных и инжекторных двигателей

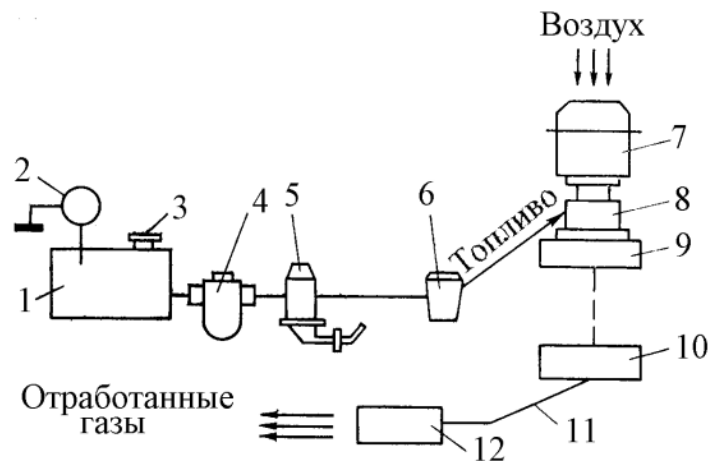
Цель занятия – изучить назначение и общее устройство системы питания карбюраторного и инжекторного двигателя, принцип работы основных приборов системы питания.

Методические указания

В начале занятия студента необходимо тщательно изучить информационный материал, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после чего кратко изложить изученный материал в тетради для лабораторных занятий в следующей последовательности:

Краткие теоретические сведения

Система питания предназначена для приготовления горючей смеси, подачи ее в цилиндры двигателя и отвода отработавших газов в атмосферу. Схема системы питания карбюраторного двигателя показана на рис. 1.



1 – топливный бак; 2 – указатель уровня топлива; 3 – заливная горловина с пробкой; 4 – фильтр грубой очистки; 5 – топливный насос; 6 – фильтр тонкой очистки топлива; 7 – воздушный фильтр; 8 – карбюратор; 9 – впускной коллектор; 10 – выпускной коллектор; 11 – выхлопная труба; 12 – глушитель

Рисунок 1 – Принципиальная схема системы питания карбюраторного двигателя

Необходимый запас горючего на автомобиле, достаточный для пробега 400–500 км, хранится в топливном баке. Очистка топлива, поступающего в карбюратор, от влаги и механических частиц производится в фильтре-отстойнике и в фильтре тонкой очистки. Для подачи топлива в карбюратор и преодоления сопротивления фильтров в системе питания карбюраторного двигателя применяется диафрагменный насос с механическим приводом. Приготовление горючей смеси происходит в карбюраторе. Для приготовления смеси в соответствии с желаемой характеристикой, необходимым составом и заданным режимом работы двигателя карбюратор имеет главную и вспомогательные дозирующие системы.

Автомобили ВАЗ-2110, -2111, -2112 имеют рядом с топливным баком неразборный сепаратор, соединенный шлангом с топливным баком. При повышении давления вследствие испарения бензина пары по шлангу поступают в сепаратор, конденсируются и возвращаются обратно в топливный бак.

Для очистки воздуха установлены воздушные фильтры. На двигателях легковых автомобилей, как правило, применяют воздушные фильтры с сухим фильтрующим элементом, а на двигателях грузовых автомобилей – инерционно-масляные воздушные фильтры. Очищенный воздух поступает в смесительные камеры карбюратора.

Впускные трубопроводы служат для подвода горючей смеси в цилиндры двигателя, а выпускные – для отвода отработавших газов из цилиндров.

В V-образном двигателе впускные трубопроводы располагаются в развале между цилиндрами. Трубопроводы должны оказывать минимальное сопротивление перемещению газов для лучшего наполнения цилиндров. Впускные трубопроводы V-образных двигателей имеют сложную форму.

Во всех карбюраторных двигателях впускные трубопроводы имеют устройства для подогрева горючей смеси. Для этого каналы, по которым горючая смесь подается в цилиндры двигателя, омываются горячей водой. При работе двигателя горячая вода подогревает трубопровод, а вместе с ним и горючую смесь, улучшая испарение бензина.

Выпускные трубопроводы отливают из чугуна. В рядных двигателях в выпускном трубопроводе установлена заслонка для

регулировки температуры горючей смеси.

Устройство для подогрева горючей смеси включает в себя заслонку, на наружном конце оси заслонки установлен сектор с метками «Зима» и «Лето». Сектор удерживается в нужном положении с помощью стопорной шпильки и гайки. Если температура окружающей среды выше 5 °С, то заслонку следует повернуть в сторону метки «Лето». При этом отработавшие газы напрямую поступают в глушитель, меньше соприкасаясь со стенкой впускной трубки, – подогрев горючей смеси будет минимальным. В зимнее время года заслонку поворачивают в положение «Зима». Она перегораживает выпускной трубопровод, отработавшие газы огибают заслонку сверху, соприкасаясь со стенкой впускной трубы, которая интенсивно нагревается. Отработавшие газы выходят из цилиндров двигателя под большим давлением и с большой скоростью. Они обладают значительной энергией и, выходя в окружающую среду, создают сильный шум. Для снижения уровня шума при выпуске отработавших газов используют глушитель, снижающий скорость и давление газов. Достигается это многократным изменением направления движения отработавших газов, разделением потока газов на мелкие струйки, пропусканием потока в большом объеме и охлаждением отработавших газов.

Из-за сопротивления при выходе отработавших газов теряется около 15...20% мощности двигателя: чем интенсивнее гасится энергия газов, тем больше потери мощности.

Глушитель прямоточного типа состоит из системы резонаторных и расширительных камер, после прохода которых пульсация газов сглаживается и уровень шума снижается. Глушители неразборные, состоят из стальных штампованных деталей, сваренных между собой. Приемные трубки глушителя и выпускная трубка жестко крепятся к патрубкам передней и задней стенок. Внутри корпуса глушителя имеются перегородки, между которыми устроены расширительные камеры.

Разновидности двигателей, работающих на бензинах. Для повышения экономичности и увеличения мощности карбюраторные двигатели могут выполняться с предкамерно-факельным зажиганием.

У этого двигателя, кроме основной камеры сгорания, имеется еще небольшая дополнительная камера (предкамера). Обе камеры снабжены впускными клапанами, приводимыми в работу одним с промыслом газораспределительного механизма. При такте впуска коромысло одновременно открывает клапан дополнительной камеры и клапан основной камеры сгорания. В дополнительную камеру из дополнительной камеры карбюратора поступает обогащенная смесь, а в основную камеру сгорания из карбюратора поступает обедненная смесь. В конце такта электрическая свеча воспламеняет обогащенную смесь в предкамере. Горящий факел через канал под большим давлением выбрасывается в основную камеру сжатия, пронизывая весь объем находящейся в ней сжатой бедной смеси и обеспечивая ее быстрое воспламенение и сгорание. Остальные процессы протекают так же, как и в обычном четырехтактном карбюраторном двигателе.

Существуют двигатели, у которых бензин впрыскивается форсункой непосредственно в цилиндр или во впускную трубу. Воспламенение осуществляется электрической искрой.

Разработаны *многотопливные двигатели*, работающие на различных сортах топлива— дизельном, бензине, керосине. Экономические и мощностные показатели при этом на всех видах топлива остаются одинаковыми. Особенность работы такого двигателя заключается в том, что камера сгорания выполнена в головке поршня и имеет специальную форму. Топливо в цилиндр подается в конце такта сжатия с помощью форсунки, которая около 5% топлива направляет в раскаленный воздух, и это топливо быстро воспламеняется. Основная масса топлива (около 95%) форсункой направляется на стенки камеры сгорания, имеющей форму усеченного шара, и растекается по ней в виде пленки.

Воздух в камере сгорания имеет вихревое движение, растягивая пленку топлива вдоль стенок камеры и сдувая с них испарившееся топливо в зону горения, где оно постепенно сгорает. Такое постепенное сгорание - основное условие возможности работы двигателя на различных видах топлива. Для сокращения расходования нефтяного топлива и повышения экологической безопасности разработаны и совершенствуются автомобили с новыми типами силовых установок.

Роторно-поршневой двигатель – РПД (двигатель Ванкеля). Этим двигателем серийно комплектуется спортивное

купе Mazda RX-8, где устанавливается мотор «Renesis» с двумя роторными секциями. В нашей стране роторные двигатели ВАЗ-414 использовались в основном на автомобилях спецподразделений. Основной частью этого двигателя является цилиндр особого профиля, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде (плоская кривая, полученная точкой, которая жестко связана с окружностью, осуществляющей движение по внешней стороне другой окружности). При работе двигателя поршень (ротор) с тремя гранями движется вкруговую по эпитрохоидальной цилиндрической плоскости, в результате чего сменяющиеся объемы рабочих камер цилиндра отсекаются с помощью трех клапанов. При этом образуются три изолированные камеры, разные по объему, где осуществляются процессы сжатия поступившей смеси горючего и воздуха, расширения газов, давящих на рабочую поверхность ротора и очищения камеры сгорания от газов. В двигателе осуществляется одновременная работа двух механических пар – одна, состоящая из шестерен, регулирует движение самого ротора, другая преобразует вращение поршня во вращательное движение эксцентриковой оси, передающееся на механизмы трансмиссии.

Двигатели Ванкеля могут быть с внутренним смесеобразованием, когда воздух смешивается с топливом перед поступлением в цилиндры, или внешним, когда воздух и топливо поступают в цилиндры по отдельности, где смешиваются с остаточными газами, образуя рабочую смесь.

Достоинства РПД Ванкеля:

- небольшие габаритные размеры, малая масса;
- сниженные показатели уровня вибрации;
- хорошие динамические характеристики, пониженный уровень вибрации.

Недостатки РПД Ванкеля:

- повышенные требования к качеству свечей зажигания из-за высоких температур и возможности детонации рабочей смеси;
- необходимость надежного уплотнения элементов двигателя;
- повышенные требования к качеству масла.

Двигатели Ванкеля имеют КПД 40... 45 % в то время, как у двигателей внутреннего сгорания КПД составляет 25...30%. Однако

вследствие технического несовершенства и технологических сложностей при производстве двигателя Ванкеля не нашли широкого распространения.

Система распределенного впрыска топлива.

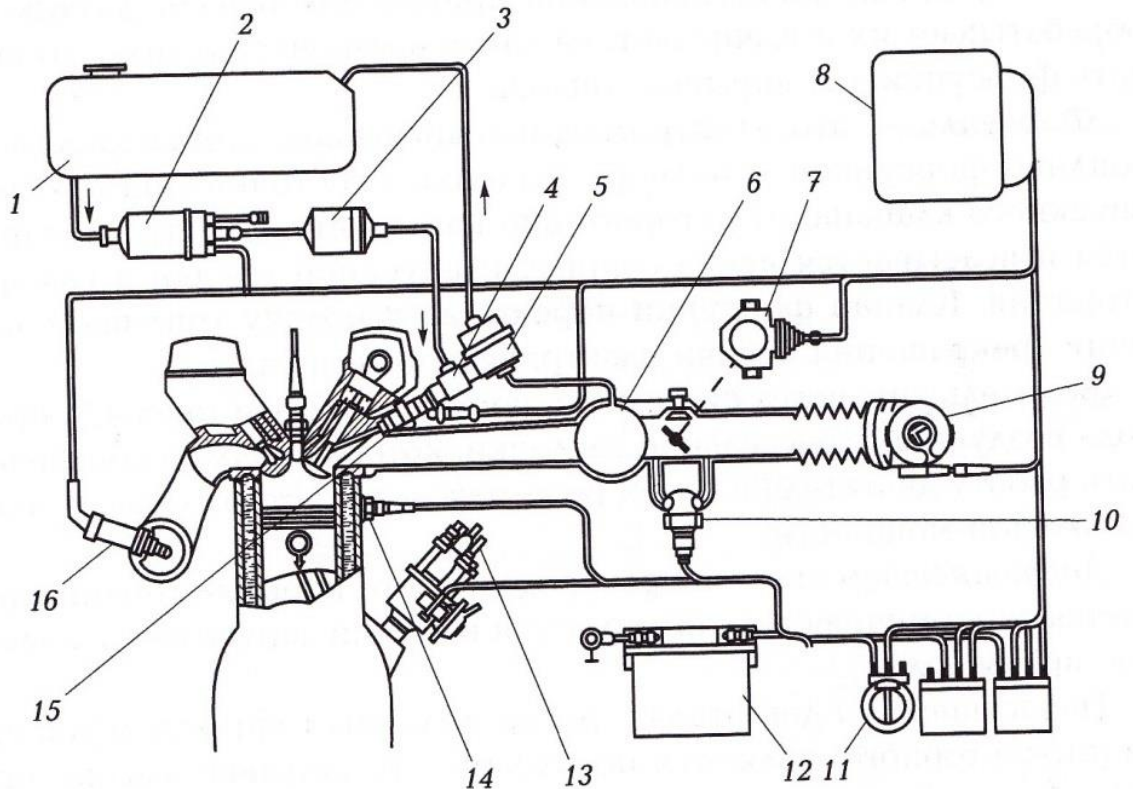
Данная система применяется на двигателях большинства современных автомобилей, а именно автомобилях семейств ВАЗ, Hyundai Accent, Ford Focus, Chevrolet Niva, Renault Logan, Lada Priora, Hyundai Santa Fe, Opel, Kia Rio, Nissan, UAZ Hunter, Chevrolet Captiva, Skoda Octavia, некоторых моделях ГАЗель и др.

Система распределенного впрыска топлива включает в себя топливный бак, электрический бензонасос. Топливо из насоса через регулятор давления подается к форсункам, которые впрыскивают его во впускную трубу около впускных клапанов газораспределительного механизма (рис. 2) регулятор давления служит для поддержания давления около 2,9 кГ/см² в инжекторах (*инжектор* - электрический соленоид).

Управление системой распределенного впрыска топлива осуществляется электронным блоком и включает в себя ряд датчиков, сигналы от которых обрабатываются блоком управления.

Электронный блок управления принимает сигналы датчиков, обрабатывает их и вычисляет, на какое время необходимо открывать форсунки для впрыска топлива.

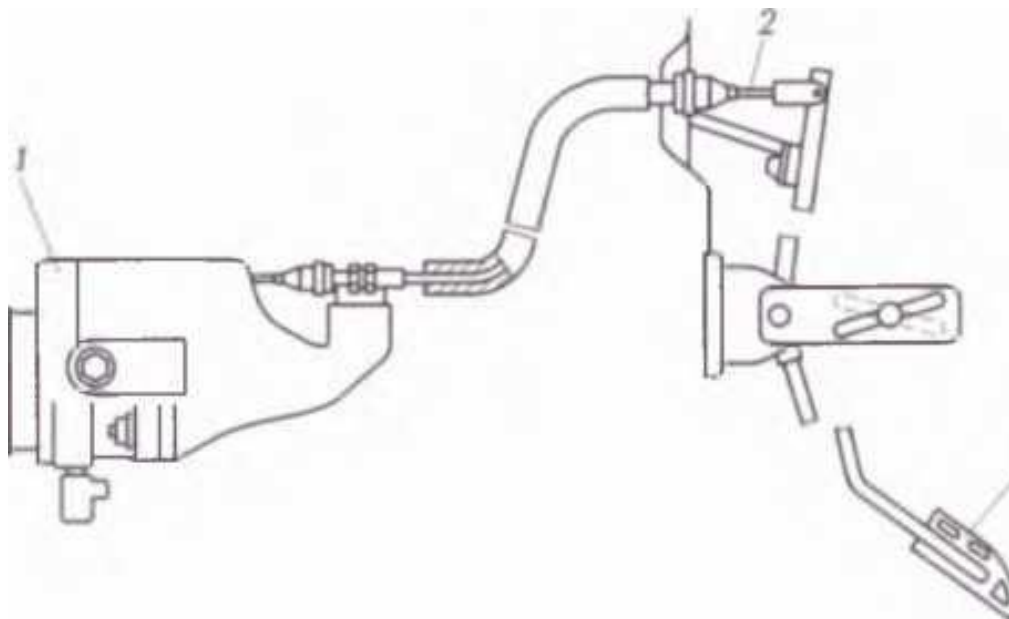
Форсунка – это электромагнитный клапан. Впрыскивается топливо форсункой в мелкораспыленном состоянии на головку впускного клапана, от которого оно нагревается, быстро испаряется и всасывается через открытый впускной клапан в камеру сгорания. Клапан форсунки перекрывает подачу топлива в момент прекращения подачи электрического импульса. Водитель управляет системой с помощью педали (рис. 3) привода воздушной дроссельной заслонки, которая должна обеспечивать работу двигателя на всех режимах от холостого хода до максимальной мощности.



1 – топливный бак; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – топливная магистраль; 5 – регулятор давления топлива; 6 – впускной трубопровод; 7 – датчик положения дроссельной заслонки; 8 – электронный блок управления; 9 – измеритель расхода воздуха; 10 – регулятор дополнительной подачи воздуха; 11 – замок зажигания; 12 – аккумуляторная батарея; 13 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 14 – датчик температуры; 15 – электромагнитная форсунка; 16 – кислородный датчик
Рисунок 2 – Схема системы распределенного впрыска топлива

Достоинством системы распределенного впрыска топлива является экономичная работа двигателя и легкий запуск его в холодное время года.

Недостатками двигателя с распределенным впрыском топлива (инжекторного) являются необходимость заправки высокосортным бензином, сложное техническое обслуживание, сокращение сроков службы. Работа на низкосортном бензине приводит к преждевременному выходу из строя датчиков. Некоторые элементы системы выходят из строя уже после 80... 120 тыс. км пробега. Срок службы форсунок, как правило, не превышает 60...80 тыс. км пробега автомобиля.



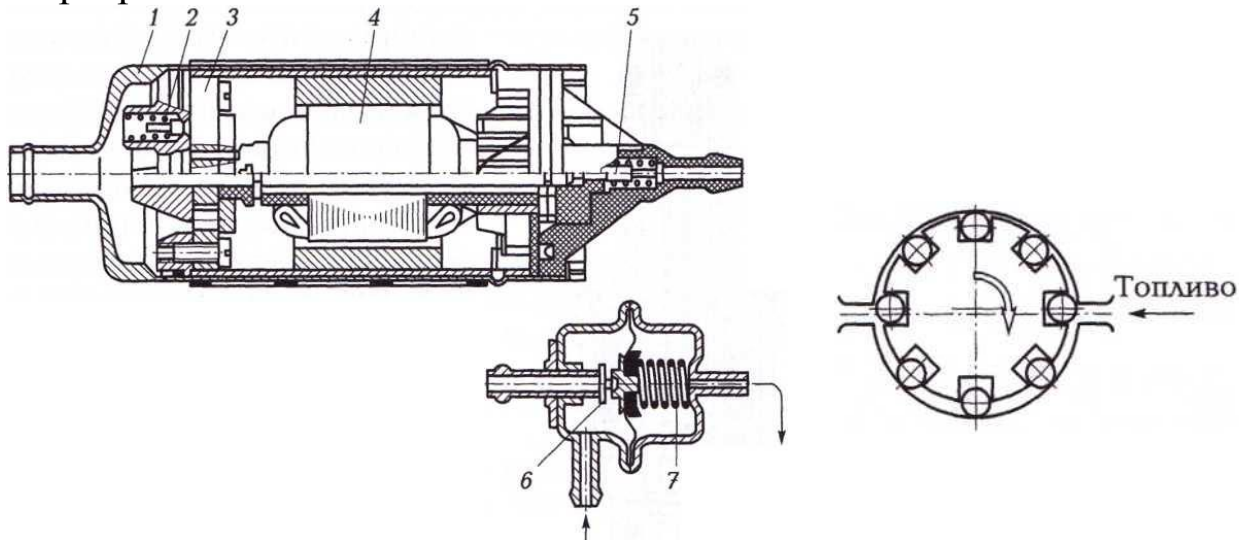
1 – корпус; 2 – трос; 3 – педаль

Рисунок 3 – Привод воздушной дроссельной заслонки

Электрический бензонасос. В электрическом бензонасосе электродвигатель и роликовый бензонасос смонтированы в герметичном корпусе. Бензин прокачивается насосом через электродвигатель, охлаждая его. Центробежный роликовый насос состоит из неподвижного статора (рис. 4), внутренняя поверхность которого смещена на 1,5 мм относительно оси якоря электродвигателя 4, цилиндрического сепаратора, соединенного с якорем электродвигателя, и роликов 3, расположенных в пазах сепаратора. Располагается насос в пространстве между основанием и крышкой. Бензин через штуцер и паз в основании 1 поступает в сегментное пространство между внутренней поверхностью основания и сепаратором, образуемое за счет их эксцентриситета и, при вращении сепаратора, переносится роликами в более узкое пространство и, через входные каналы, в полость электродвигателя и затем, через клапан 5 и штуцер, в бензомагистраль. Клапан 5 служит для предотвращения слива бензина из магистрали и образования воздушных пробок после выключения бензонасоса. Предохранительный клапан 2 служит для ограничения повышения давления топлива сверх допустимой нормы.

Включается электробензонасос блоком управления при включении зажигания: если через 3...5 с стартер не включился, то блок управления отключает бензонасос. Последующее включение

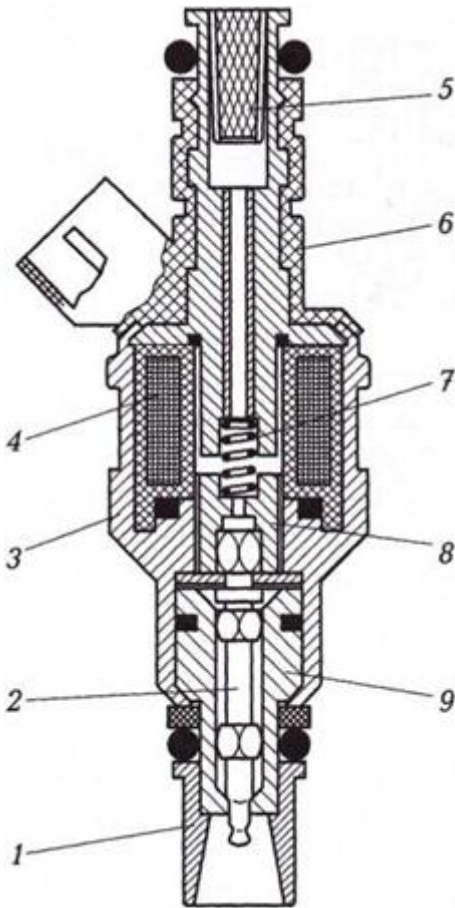
бензонасоса произойдет при следующем запуске двигателя стартером.



1 – корпус; 2 – предохранительный клапан; 3 – ролики насоса; 4 – якорь; 5 – обратный клапан; 6 – запорный клапан; 7 – пружина;
Рисунок 4 – Электрический бензонасос: (конструктивное устройство; регулятор давления; принцип работы нагнетательного узла насоса)

Электромагнитная форсунка. Состоит данная форсунка из корпуса 3 (рис. 5), катушки электромагнита 4, сердечника электромагнита 6, иглы запорного клапана 2, корпуса распылителя 9, насадки 1 и фильтра 5.

Топливо под давлением поступает в фильтр 5 и через систему каналов, проходит к запорному клапану. Пружина 7 поджимает иглу клапана к конусному отверстию корпуса распылителя 9 и удерживает клапан в закрытом состоянии. При подаче на обмотку катушки электромагнита электрического импульса создается магнитное поле, которое притягивает сердечник 8 и вместе с ним иглу запорного клапана. Отверстие в корпусе распылителя открывается и топливо под давлением в распыленном состоянии поступает в цилиндр двигателя.



1 – насадка; 2 – запорная игла; 3 – корпус форсунки; 4 – обмотка катушки электромагнита; 5 – фильтр; 6 – крышка; 7 – пружина; 8 – сердечник электромагнита; 9 – корпус клапана-распылителя

Рисунок 5 –
Электромагнитная форсунка

После прекращения электрического импульса пружина 7 возвращает сердечник 8 в исходное положение и вместе с ним и запорную иглу канала. Подача топлива форсунками синхронизирована с положением поршней в цилиндрах двигателя. Форсунки установлены во впускной трубе двигателя. Подача топлива к форсункам осуществляется через топливопровод.

Порядок разборки и сборки топливного насоса:

- 1) отвернуть винты, снять крышку головки насоса, прокладку и сетчатый фильтр;
- 2) отвернуть винты крепления головки и осторожно снять головку, не повреждая мембрану.
- 3) вынуть (выдавить) корпус выпускного клапана, снять пружину, шайбу и резиновый клапан, вынуть впускные клапаны;
- 4) снять пружину рычага привода;
- 5) вынуть шплинт оси рычага привода мембраны, выколотить ось, надавить пальцем руки на мембрану, вынуть рычаг привода со втулкой и мембрану в сборе (со штоком и пружиной);
- 6) отвернуть гайку крепления мембраны, придерживая пружину, снять шайбу, внешнюю опорную шайбу, мембрану,

внутреннюю фасонную шайбу, медную шайбу, пружину, упорную шайбу пружины.

7) снять пружину рычага ручной подкачки, вынуть стопорный шплинт и рычаг с осью;

8) убедиться в исправности уплотнительной манжеты оси рычага, поставить рычаг с осью в корпус, поставить стопорный шплинт и пружину рычага ручной подкачки;

9) собрать мембрану со штоком: поставить на шток медную шайбу, внутреннюю фасонную шайбу, мембрану, наружную шайбу, все сжать и завернуть гайку с шайбой, надеть пружину на шток, поднять пружину и установить опорную шайбу;

10) поставить втулку в рычаг привода, собранную мембрану поставить в корпус, нажать на мембрану пальцем и вставить рычаг привода, совместить отверстия рычага и корпуса, установить ось рычага до выхода шплинтового отверстия и зашплинтовать ось;

11) поставить пружину рычага привода;

12) поставить шайбу, резиновый клапан, пружину и вставить корпус выпускного клапана в отверстие головки, ударяя деревянной рукояткой отвертки до выхода шпильки корпуса клапана на уровень седла, поставить впускные клапаны;

13) установить головку на корпус насоса, совместить отверстия мембраны с отверстиями корпуса и головки, завернуть винты (не затягивать). Оттянуть рычаг ручной подкачки мембраны в крайнее нижнее положение и затянуть винты крепления головки;

14) поставить сетчатый фильтр, прокладку, крышку головки, закрепить винты;

15) проверить правильность сборки насоса.

Порядок разборки и сборки фильтра отстойника:

1) отвернуть выпускную пробку и слить отстой из фильтра;

2) отвернуть штуцеры топливопроводов от топливного фильтра - отстойника и болты крепления корпуса к правой балке рамы;

3) снять фильтр в сборе;

4) отвернуть болт на крышке отстойника и снять корпус вместе с фильтрующим элементом, осторожно снять прокладку крышки и прокладку фильтрующего элемента, вынуть фильтрующий элемент и прижимную пружину;

5) собрать фильтр: надеть на упор корпуса фильтра прижимную пружину и вставить фильтрующий элемент, поставить прокладку фильтрующего элемента и прокладку крышки, соединить корпус фильтра с крышкой и завернуть болт, завернуть сливную

пробку;

б) поставить фильтр в сборе на место, закрепить болты и привернуть штуцеры трубопроводов;

7) проверить плотность соединений, подкачав топливо рычагом ручной подкачки топливного насоса.

Порядок разборки и сборки фильтра тонкой очистки топлива:

1) разобрать фильтр, для этого:

а) отвернуть штуцеры топливопроводов и гайку крепления отстойника к кронштейну;

б) снять отстойник;

в) отвернуть гайку-барашек зажима стакана-отстойника, отвести зажим в сторону и снять стакан с прокладкой;

г) вынуть керамический фильтрующий элемент и удерживающую пружину;

2) собрать фильтр, для этого:

а) поставить в стакан-отстойник удерживающую пружину и керамический фильтрующий элемент;

б) поставить прокладку и стакан на место в корпус, подвести зажим под стакан и завернуть гайку-барашек зажима;

3) поставить отстойник на кронштейн, закрепить гайку и присоединить трубопроводы;

4) проверить нет ли подтекания топлива.

Порядок разборки и сборки воздушного фильтра двигателя:

1) разобрать воздушный фильтр двигателя, для этого:

а) отвернуть гайку крепления фильтра;

б) отвернуть винт крепления фильтра к карбюратору и снять воздушный фильтр с прокладкой;

в) вынуть фильтрующий элемент в сборе и прокладку;

2) собрать воздушный фильтр двигателя, для этого:

- а) после промывки вставить в корпус смоченный в масле фильтрующий элемент, установив предварительно прокладку внутри корпуса;
- б) установить прокладку под корпус воздушного фильтра и поставить воздушный фильтр на карбюратор, закрепить винт;
- в) завернуть гайку крепления фильтра к двигателю.

Последовательность практического изучения устройства топливопроводов, топливного бака, впускного и выпускного трубопроводов:

1) изучить устройство топливного бака: наливной горловины, пробки, воздушного и парового клапанов (проверить работоспособность клапанов и убедиться, что у парового клапана пружина сильнее), устройство и расположение штуцеров, отводящего топливопровода и сливной пробки;

2) изучить расположение топливопроводов: от бака к фильтру-отстойнику, от фильтра-отстойника к фильтру тонкой очистки топлива, от фильтра тонкой очистки топлива к топливному насосу, от топливного насоса к карбюратору, от датчика пневмоцент-

робежного ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала к исполнительному механизму, укрепленному на карбюраторе;

3) отвернуть впускную трубу, изучить ее устройство: каналы, проходящие от карбюратора к впускным клапанам каждого ряда цилиндров, и водоподогрев горючей смеси;

4) изучить устройство выпускных коллекторов, их прокладок и соединения выпускных коллекторов с глушителем, обратить внимание на детали соединения.

Контрольные вопросы

1. Опишите назначение, устройство и работу топливных насосов.
2. Опишите назначение, устройство и работу фильтр-отстойников.
3. Опишите назначение, устройство и работу фильтров тонкой очистки топлива.

4. Опишите назначение, устройство и работу пневмоцентробежного ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала.

5. Опишите назначение, устройство и работу воздушного фильтра со сменным бумажным фильтрующим элементом.

6. Опишите назначение, устройство и работу воздушного фильтра инерционно-масляного типа.

7. Опишите назначение, устройство и работу глушителя.

8. Опишите назначение, устройство топливных баков и их пробок.

9. Как осуществляется подогрев горючей смеси различных двигателей?

10. Опишите принцип действия и устройство системы питания двигателя с распределенным впрыском топлива (инжекторные двигатели).

Лабораторная работа № 7

Тема. *Изучение системы питания дизельного двигателя*

Цель занятия – изучить назначение и общее устройство системы питания дизельного двигателя, назначение, устройство и принцип работы основных приборов системы питания, а также насоса высокого давления (ТНВД).

Методические указания

В начале занятия студента необходимо тщательно изучить информационный материал, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после чего кратко изложить изученный материал в тетради для лабораторных занятий в следующей последовательности:

Краткие теоретические сведения

В двигателях с внутренним смесеобразованием воздух и топливо подаются в цилиндры отдельно, где они перемешиваются с остаточными газами и образуют рабочую смесь.

В дизельных двигателях количество подаваемого в цилиндры двигателя воздуха практически остается постоянным. Регулирование мощности двигателя осуществляется изменением количества топлива, подаваемого в цилиндры (цикловая подача топлива). Следовательно, осуществляется качественное регулирование мощности двигателя. С увеличением количества подаваемого топлива двигатель развивает большую мощность. Топливо подается в цилиндры двигателей в конце такта сжатия, когда давление в них составляет 3,0-4,0 МПа (30..40 кг/см²).

Поэтому подачу топлива осуществляют под давлением 14-20 МПа (140..200 кг/см²) с применением соответствующей аппаратуры (топливного насоса высокого давления и форсунок или насос-форсунок).

Все элементы системы питания по назначению можно разделить на четыре группы:

- камеру сгорания;
- агрегаты для очистки и подачи в камеру сгорания воздуха (воздухоочиститель, впускной коллектор);

➤ агрегаты для очистки и подачи топлива (топливный бак, фильтры грубой и тонкой очистки топлива, насос низкого и высокого давления, форсунки, топливопроводы низкого и высокого давления);

➤ устройство для выпуска отработавших газов (выпускной коллектор, выпускная труба, искрогаситель, глушитель).

Необходимо знать, что чем плотнее фильтрующие элементы воздухоочистителя, тем меньше механических примесей проникают в цилиндры, меньше изнашиваются детали цилиндро-поршневой группы двигателя, но при этом ухудшается наполнение цилиндров воздухом.

Нагнетание воздуха в цилиндры под давлением (надув) позволяет сжигать большее количество топлива и повысить мощность дизеля. В основном применяют газотурбинный наддув, при котором воздушный насос (компрессор) приводится в действие от газовой турбины, вращаемой отработавшими газами на выпуске из коллектора.

Топливо подвергается тщательной очистке в фильтре и отделение от него эмульсии с целью обеспечения надежной работы топливного насоса высокого давления (ТНВД) и форсунок; топливоподкачивающий насос подает топливо через фильтры тонкой очистки к ТНВД в избытке; ручной насос используется для заполнения системы топливом и для удаления из нее воздуха.

Форсунки предназначены для распыливания топлива и распределения его частиц по объему камеры сгорания. Количество впрыска топлива форсункой оценивается следующими основными показателями; тонкостью и однородностью распыливания топлива; равномерным распределением частиц распыленного топлива в камере сгорания, своевременным началом и окончанием впрыска, четкой отсечкой; поддержанием требуемого давления впрыска при различных режимах работы двигателя. По конструктивному исполнению форсунки разделяются на две группы: открытые и закрытые. Наиболее ответственным элементом форсунки является распылитель. Количество и направление сопловых отверстий распылителя выбирается в зависимости от формы камеры сгорания и способа смесеобразования.

Штифтовые форсунки устанавливаются на двигателях с разделенной камерой сгорания, а бесштифтовые форсунки - на двигателях с неразделенной камерой сгорания.

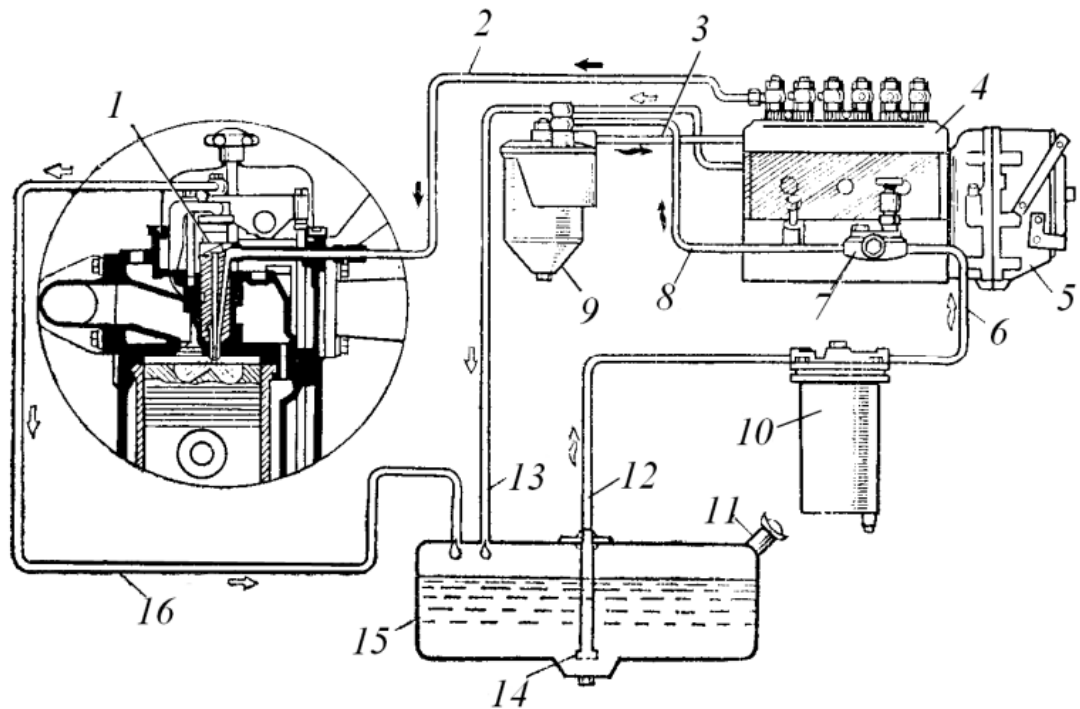
Топливо подается к форсунке по трубопроводу высокого давления, соединенному со штуцером. Внутри штуцера установлен сетчатый фильтр. Пройдя фильтр, топливо попадает во внутренние каналы корпуса форсунки и корпуса распылителя, а также в кольцевую полость вокруг иглы форсунки.

На автотракторной технике часто устанавливаются искрогасители, направляющие раскаленные частички сажи на стенки и перегородки глушителя. В результате удара их энергия передается относительно холодным стенкам, и частички гаснут.

Камеры сгорания подразделяют на разделенные и неразделенные. Разделенные камеры (с вихревой камерой и предкамерные) применяют в дизелях легковых автомобилей, неразделенные (дельтовидные и тороидальные) – на дизелях грузовых автомобилей.

По способу приготовления рабочей смеси различают объемное, объемно-пленочное и пленочное (пристеночное) смесеобразование. Различие между объемным и пленочным смесеобразованием заключается в том, что в первом случае частицы распыленного топлива непосредственно смешиваются с воздухом, а во втором – большую часть топлива испаряют на стенках камеры сгорания и в парообразном состоянии перемешивают с воздухом при интенсивном вихревом движении его в камере.

Рассмотрим дизельные двигатели, имеющие разделенную систему питания, которая состоит из линии низкого и высокого давления (рис.1).



1 – форсунка; 2 – топливопровод высокого давления; 3, 6, 8, 12 – подающие топливопроводы; 4 – топливный насос высокого давления; 5 – регулятор частоты вращения коленчатого вала; 7 – топливный насос низкого давления; 9 – фильтр тонкой очистки; 10 – фильтр грубой очистки; 11 – заливная горловина с фильтром; 13, 16 – сливные топливопроводы; 14 – фильтр; 15 – топливный бак

Рисунок 1 – Система питания дизельного двигателя

В линию высокого давления входит топливный насос высокого давления, топливопровод высокого давления и форсунка. В линию низкого давления включают топливный бак, фильтры грубой и тонкой очистки топлива, топливоподкачивающий насос и соединительные топливопроводы.

Топливные насосы высокого давления (ТНВД) обычно классифицируются по трем признакам: конструктивному исполнению (золотниковые и клапанные), регулированию количества подаваемого топлива и числу секций. Наиболее широко применяются золотниковые многоплунжерные насосы, регулирование количества подаваемого топлива в которых достигается поворотом плунжера. Для подкачки топлива при неработающем двигателе и удалении воздуха из системы питания устанавливают насос с ручным приводом (топливоподающий насос).

Контрольные вопросы

1. Перечислить особенности смесеобразования у дизелей.
2. Особенности конструкции камер сгорания у дизелей с различными способами смесеобразования.
3. Перечислить агрегаты, устройства и детали входящие в систему питания дизеля.
4. В чем принципиальная разница в системах питания дизельного и карбюраторного двигателей?
5. Типы фильтров грубой очистки топлива, их устройство и работа.
6. Типы фильтров тонкой очистки топлива, их назначение, устройство, работа.
7. Устройство и работа топливоподкачивающего насоса поршневого типа.
8. Как удалить воздух из системы питания дизеля?
9. Устройство и работа штифтовых и бесштифтовых форсунок.
10. Устройство и работа турбокомпрессора.
11. Неисправности и техническое обслуживание системы питания дизелей (за исключением ТНВД).

Библиографический список литературы

1. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей: учебное пособие / А.Т. Кулаков, А.С. Денисов, А.А. Макушин. – М. : Инфра-Инженерия, 2013. – 448 с.
2. Основы моделирования энергетических объектов / Ф.Ф. Пащенко, Г.А. Пикина. – М.: Физматлит, 2011 . – 464 с.
3. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках: учебное пособие для вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.С. Черенков. – М.: Химия, 2000 . – 520 с.
4. Автомобили. Основные термины: толковый словарь / А.Н. Нарбут, Ю.И. Егоров. – М.: Астрель; АСТ, 2002. – 416 с.
5. Основы расчета энергетических установок: методическое пособие / Мусаелянц Г. Г., Бондаренков Д.О. – Пятигорск: Филиал СКФУ. 2014. – 73с.
6. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: учебник / В.К. Вахламов, – М.: Академия, 2008. – 480 с.