

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 05.06.2022 15:54:37  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

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

Кафедра технологии материалов и транспорта



### СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ и  
самостоятельной работы для студентов направления подготовки  
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и  
комплексов, профиль "Автомобильный сервис" по дисциплине  
"Силовые агрегаты"

Курск 2021

УДК 621.4

Составитель А.А. Толкушев

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов *Б.А. Семенухин*

**СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ:** методические указания к выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы для студентов направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, профиль "Автомобильный сервис" по дисциплине "Силовые агрегаты"/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.А. Толкушев. Курск, 2021. с.: ил. .  
Библиогр.: с. .

Содержат методические указания к лабораторным работам и самостоятельной работе по дисциплине "Силовые агрегаты" Указываются порядок выполнения работ, требования к отчетам и их содержанию. Приведены контрольные вопросы по каждой лабораторной работе.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 23.03.03. эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ.л . Уч.- изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Лабораторная работа №1

# РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ, КОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВЫ РАСЧЁТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

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

Задачи работы: изучение конструкции двигателя и определение параметров технической характеристики.

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

- знать тенденции конструирования автомобильных двигателей; основные типы современных отечественных и зарубежных автотракторных двигателей и особенности их компоновки; требования стандартов, предъявляемые к современным двигателям; энергетические, экономические, экологические показатели автомобильных двигателей;

- уметь самостоятельно оценивать технический уровень конструкции автомобильных двигателей;

- приобрести практические навыки самостоятельного определения технической характеристики автомобильных двигателей, критического анализа оценки технического уровня двигателя.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Двигатель – энергосиловая машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу. На большинстве современных автомобилей 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, работающие на бензине, сжатом или сжиженном газе. В этих двигателях смесь образуется вне цилиндра в специальном приборе – карбюраторе (который устанавливался на автомобильных двигателях ранее), или во впускном трубопроводе, 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 (в которых приготовление смеси осуществляется во впускном коллекторе) 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 многоцилиндровом двигателе называется рабочим объемом двигателя и выражается в  $\text{дм}^3$ .

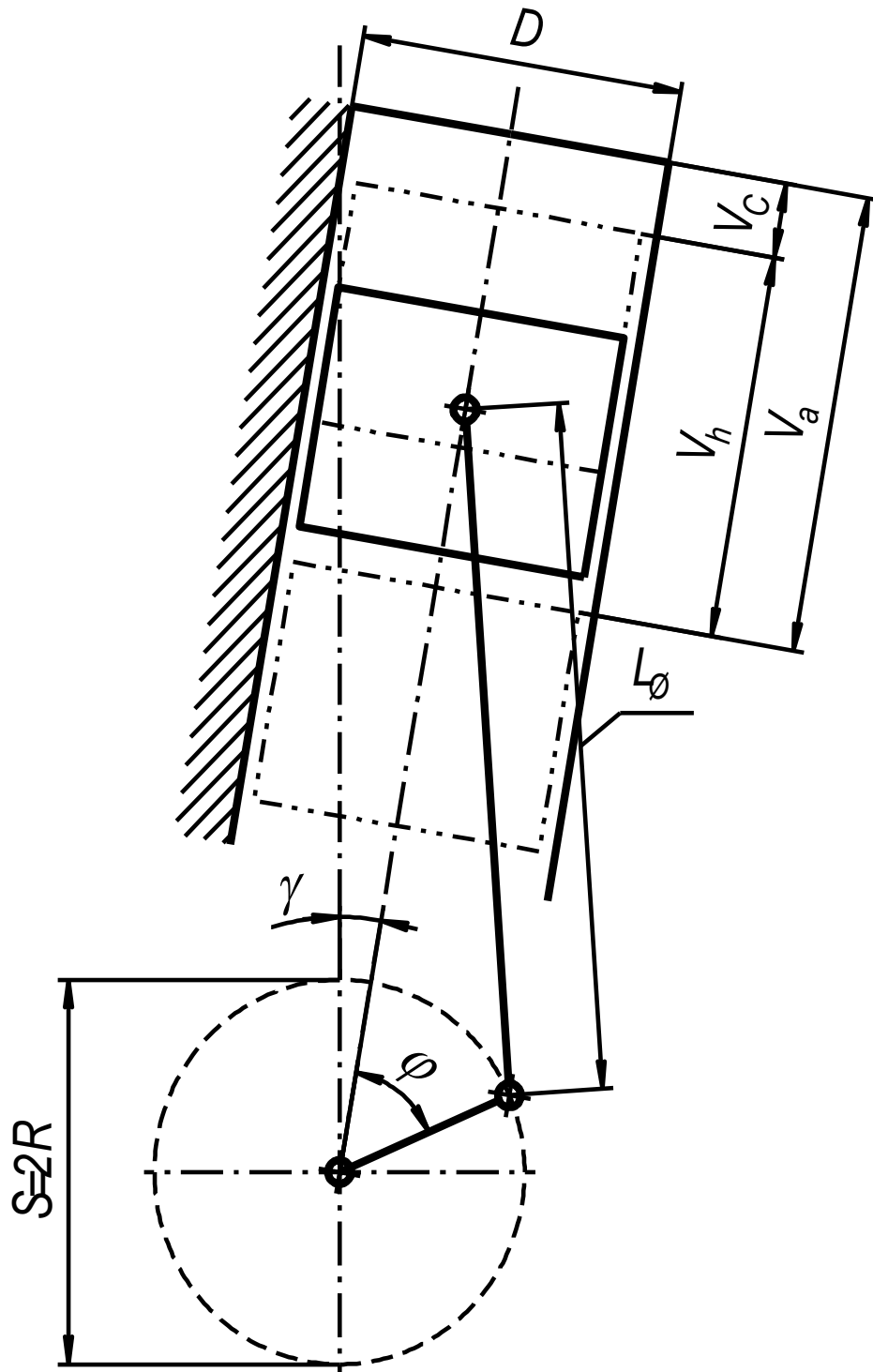


Рисунок 1.1 – Кинематическая схема и геометрические характеристики кривошипно-шатунного механизма и цилиндро-поршневой группы

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

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

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

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

Для двигателей работающих на бензине  $\varepsilon = 6,5 \dots 10$  для дизелей -  $12 \dots 22$ .

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

Для двигателей работающих на бензине малообъемных двигателей  $M_{emax} = 70 \dots 120$  Н·м, для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей  $M_{emax} = 200 \dots 450$  Н·м, для грузовых автомобилей большой грузоподъемности  $M_{emax} = 500 \dots 2500$  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 двигателей работающих на бензине у отечественных грузовых автомобилей составляет  $3200 \dots 3600$  об/мин, двигателей легковых автомобилей -  $6000 \dots 6600$  об/мин, дизелей -  $2100 \dots 2800$  об/мин.

Мощность, приходящаяся на единицу рабочего объема двигателя ( $1 \text{ дм}^3$  или  $1 \text{ л}$ )  $N_g = N_e / V_h$ , характеризует его совершенство. Для бензиновых двигателей грузовых автомобилей  $N_g = 15 \dots 22$  кВт/ $\text{дм}^3$ ; для бензиновых двигателей легковых автомобилей  $N_g = 22 \dots 24$  кВт/ $\text{дм}^3$ ; для дизелей  $N_g = 11 \dots 22$  кВт/ $\text{дм}^3$ . Чем выше  $N_g$ , тем совершеннее двигатель ( $1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ л}$ ).

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 бензиновых 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 двигателями, работающими на бензине – главная причина широкого использования дизелей в автомобильном и тракторном парках.

Важным показателем оценки работы поршневых двигателей является степень токсичности и дымности отработавших газов.

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).

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из разрезных макетов двигателей внутреннего сгорания ЗМЗ-40524.10. Двигатель установлен на поворотной подставке, позволяющей при необходимости производить разборку. Общий вид двигателя показан на рисунках 2,3 и 4.

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



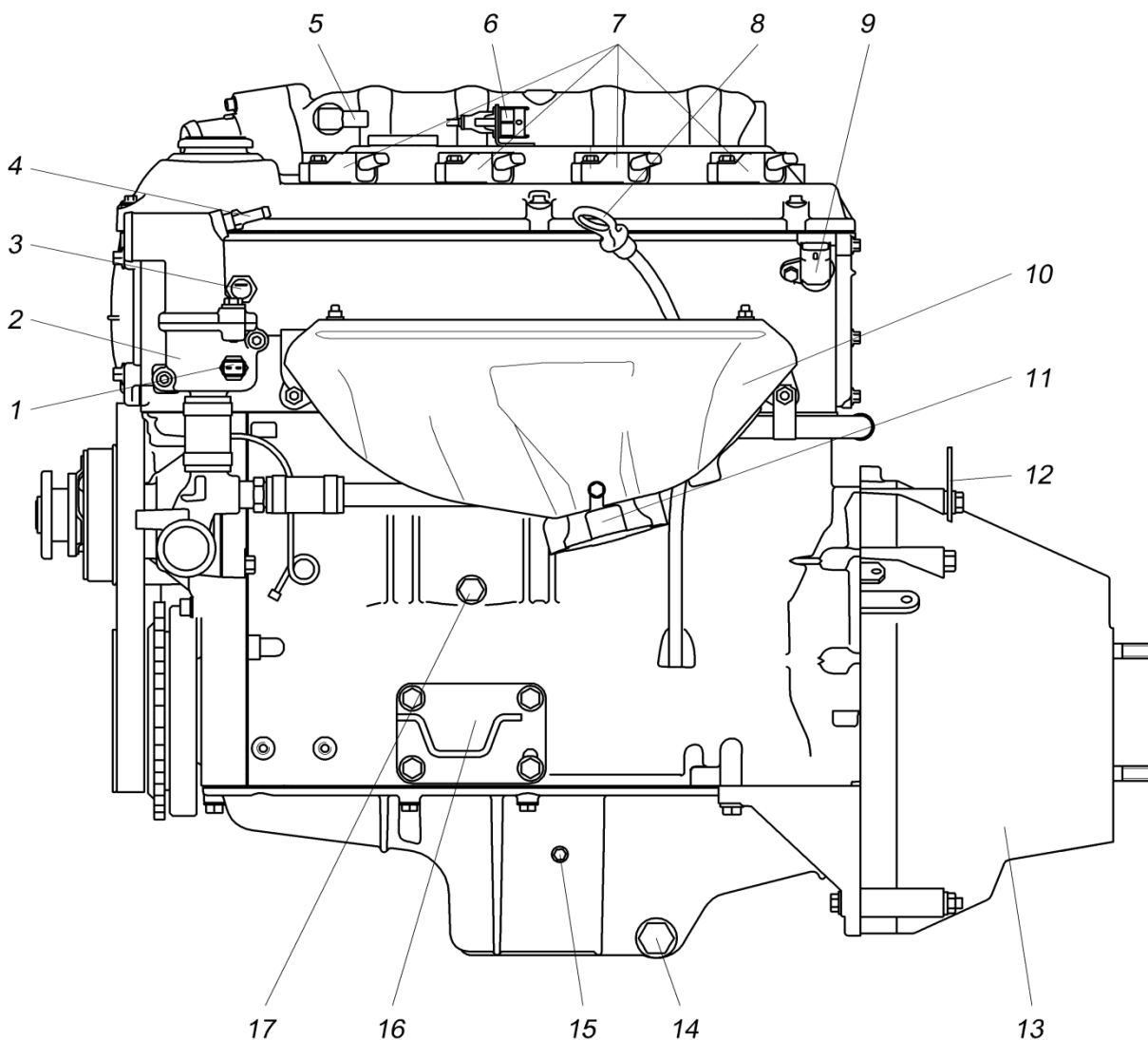


Рисунок 2 Левая сторона двигателя 3МЗ-40524.10 (экологического класса 3).

1- датчик температуры охлаждающей жидкости; 2 – корпус термостата; 3 – датчик сигнализатора аварийного давления масла; 4 – штуцер присоединения шланга к расширительному бачку; 5 – штуцер присоединения вакуумного шланга усилителя тормозов; 6 – разъем датчика положения коленчатого вала; 7 - катушки зажигания; 8 – указатель уровня масла; 9 – датчик фазы; 10 – экран выпускного коллектора; 11 - выпускной коллектор; 12 – задний кронштейн подъема двигателя; 13 – картер сцепления; 14- пробка слива масла; 15 – отверстие подсоединения штуцера шланга слива масла из радиатора; 16 - кронштейн левой опоры двигателя; 17 – пробка слива охлаждающей жидкости

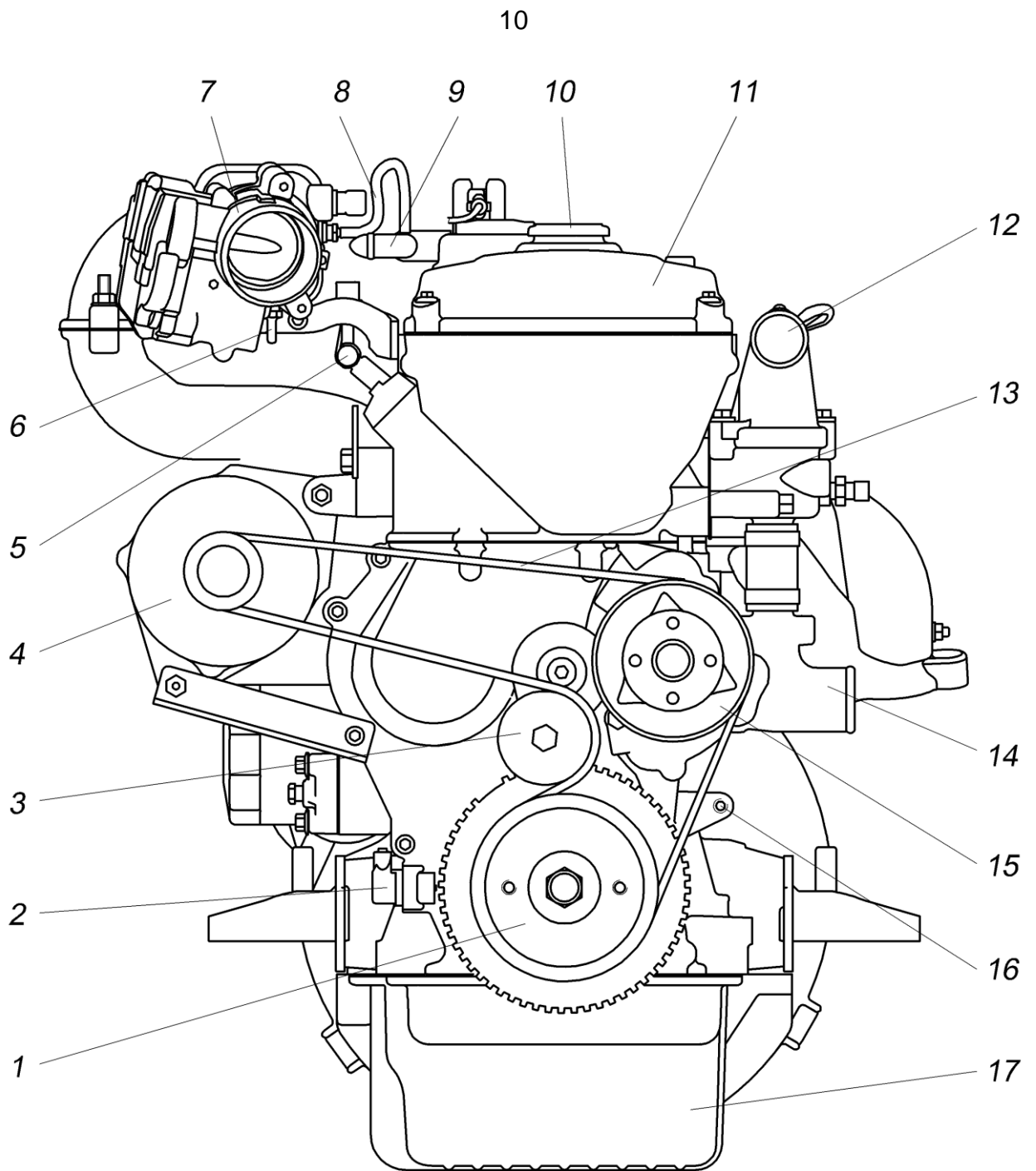


Рисунок 3. Вид спереди ЗМЗ-40524.10

1 – шкив-демпфер коленчатого вала; 2 – датчик положения коленчатого вала; 3- автоматическое натяжное устройство; 4 – генератор ; 5 – топливная магистраль с форсунками; 6 – штуцер присоединения шланга от адсорбера; 7 - дроссельный модуль с электроприводом; 8 - шланг малой ветви вентиляции картера; 9 - трубка основной ветви вентиляции картера; 10 - крышка маслналивного патрубка; 11 – крышка клапанов; 12 - патрубок отвода охлаждающей жидкости в радиатор; 13 – ремень привода агрегатов; 14 - патрубок подвода охлаждающей жидкости из радиатора; 15 – водяной насос с электромагнитной муфтой; 16 – точка крепления провода « - » от кузова автомобиля; 17 – масляный картер.

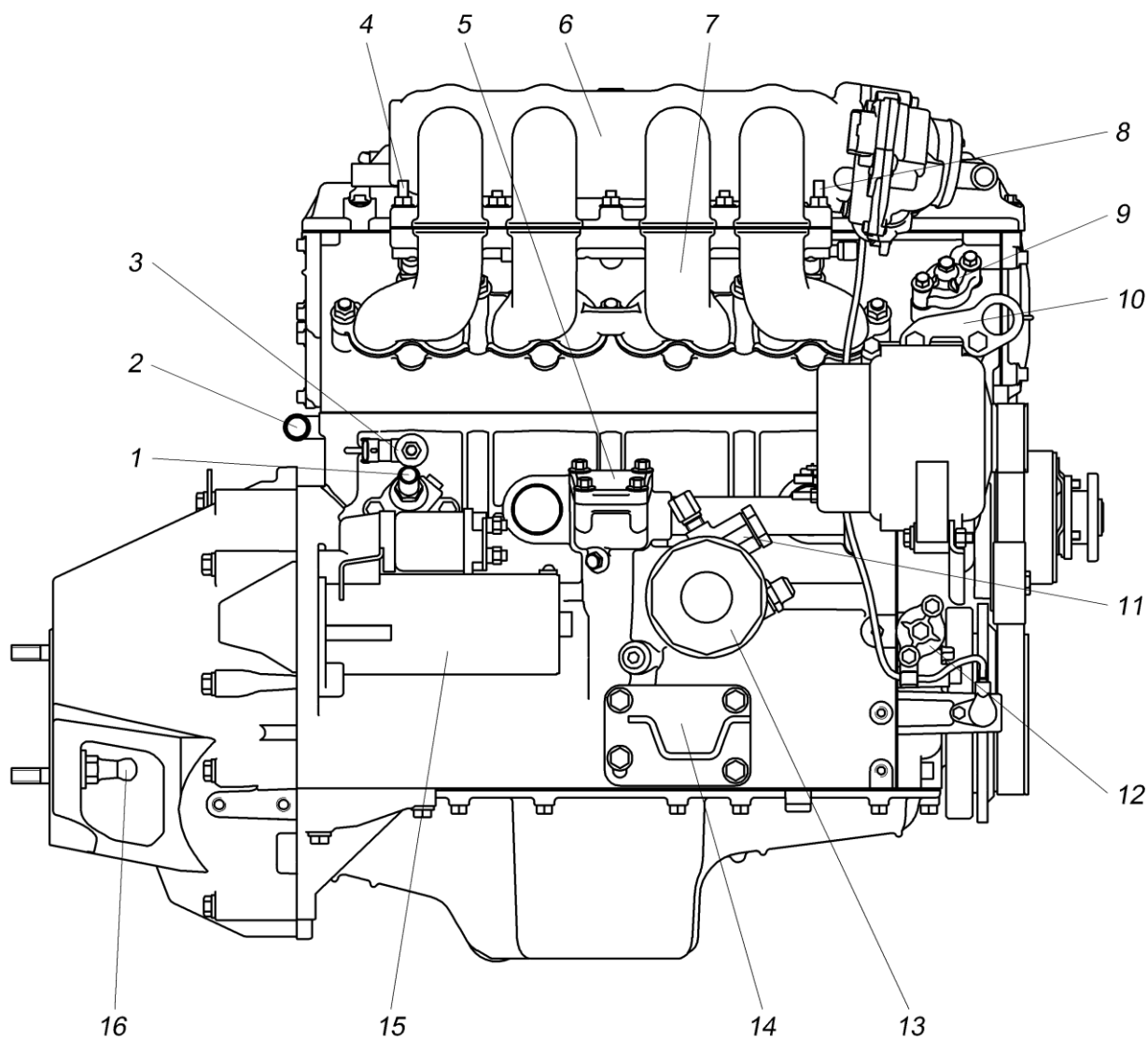


Рисунок 4. Правая сторона двигателя ЗМЗ-40524.10

1 - штуцер отвода охлаждающей жидкости в отопитель; 2 – патрубок подвода охлаждающей жидкости из отопителя; 3 - датчик детонации; 4 - точка крепления провода « - » системы управления двигателем и провода « - » с кузова автомобиля; 5 - крышка привода масляного насоса; 6 - ресивер; 7 – впускная труба; 8 – точка крепления провода « - »; 9 – крышка верхнего гидронатяжителя 10 - передний кронштейн подъема двигателя; 11 – термодатчик; 12 – крышка нижнего гидронатяжителя; 13 – масляный фильтр; 14 – кронштейн правой опоры двигателя; 15 - стартер; 16 – опора вилки выключения сцепления.

#### 4. 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, разработанные и для лаборатории конструкции автомобилей и двигателей.

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 блока двигателя на стенде.
- 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).

#### 5. 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:

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

где  $F_{II}$  – площадь поршня, дм<sup>2</sup>.

3) Объем камеры сгорания

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

4) Рабочий объем двигателя

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

5) Объемная мощность двигателя

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

где  $N_{e \max}$  - максимальная эффективная мощность двигателя, кВт;  
 $V_r$  - рабочий объем цилиндров двигателя дм<sup>3</sup>, (л);

6) Поршневая мощность

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

где  $i$  - число цилиндров;

Результаты вычислений записать в таблицу А1.

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1) Титульный лист.
- 2) Цели и задачи.
- 3) Теоретическая часть
- 4) Расчеты по лабораторной работе.
- 5) Таблица 1 с результатами измерений и вычислений.
- 6) Эскизы.
- 7) Выводы

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

- 1) Назначение двигателя.
- 2). Типы двигателей.
- 3) Признаки классификации двигателей.
- 4) Энергетические и экономические показатели двигателей.
- 5) Экологические показатели двигателей.

- 6) Способы осуществления рабочего цикла.
- 7) Способы смесеобразования и воспламенения рабочей смеси.
- 8) Виды и марки применяемых топлив.
- 9) Способы наполнения цилиндров свежим зарядом.
- 10) Объемы цилиндров двигателя.
- 11) Тип системы смазки и марки применяемых масел.
- 12) Тип системы охлаждения и марки охлаждающей жидкости.

Таблица А.1 – Бланк отчета

Параметры	Обозначение	Единицы измерения	Значение
1	2	3	4
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		град	
Тип двигателя по отношению $S/D$		-	
Способ наполнения цилиндров свежим зарядом		-	
Порядок работы цилиндров		-	
Объем цилиндра:			
рабочий	$V_h$	дм <sup>3</sup>	
полный	$V_a$	дм <sup>3</sup>	
камеры сжатия	$V_c$	дм <sup>3</sup>	
Степень сжатия	$\varepsilon$	-	

Рабочий объем двигателя	$V_r$	дм <sup>3</sup>	
Максимальная мощность	$N_{e\ max}$	кВт	

Таблица 1 – продолжение

Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	$n_{eN}$	мин <sup>-1</sup>	
Максимальный крутящий момент	$M_{e\ max}$	Н·м	
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	$n_{eM}$	мин <sup>-1</sup>	
Мощность, приходящаяся на единицу полного объема двигателя		кВт/дм <sup>3</sup>	
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 <sup>3</sup>	
Поршневая мощность	$N_n$	кВт	

Приложение – Техническая характеристика двигателя ЗМЗ-40524.10  
(справочное)

Таблица 2 – Техническая характеристика двигателя

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	$V_r$	2286
3) Степень сжатия	–	$\varepsilon$	9,3
4) Номинальная мощность:	кВт (л.с.)	$N_{e \max}$	73,5/100
5) Частота вращения коленчатого вала:	мин <sup>-1</sup>		
– максимальная		$n_{MAX}$	6000
– минимальная на холостом ходу		$n_{X.X.}$	800
6) Максимальный крутящий момент:	Н·м(кгс·м)	$M_{e \max}$	200/4500
7) Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	мин <sup>-1</sup>	$n_M$	4500
8) Порядок работы цилиндров	–	–	1—3—4— 2
9) Направление вращения коленчатого вала	–	–	Правое
10) Топливо	–	–	Автомобильный бензин АИ-92



## Лабораторная работа №2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы - расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении кривошипно-шатунного механизма карбюраторных и дизельных двигателей.

Задачи работы - изучение конструкции и работы кривошипно - шатунного механизма карбюраторного и дизельного автотранспортных ДВС, а также определение его основных параметров.

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

- знать основные типы поршневых ДВС современных отечественных автомобилей, требования предъявляемые к кривошипно - шатунному механизму и его деталям согласно стандартам, конструкцию и работу кривошипно - шатунного механизма, особенности конструкции кривошипно - шатунного механизма дизельного двигателя;

- уметь самостоятельно осваивать конструкции кривошипно - шатунного механизма, пользоваться измерительным инструментом и измерять параметры, анализировать конструкцию и оценивать технический уровень кривошипно - шатунного механизма;

- приобрести практические навыки работы с приспособлением, проведения разборки и сборки, определения геометрических параметров, критического анализа и оценки конструкции кривошипно-шатунного механизма.

## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Кривошипно - шатунный механизм составляет основу конструкции большинства поршневых ДВС. Его значение состоит в том, чтобы воспринимать давление газов, возникающее в цилиндре, и преобразовывать прямолинейное возвратно - поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала.

Обе функции, выполняемые механизмом, обеспечивают решение сложной проблемы, связанной с преобразованием тепловой энергии в механическую работу при сжигании топлива в цилиндрах ДВС. В современных поршневых автомобильных двигателях применяются в основном кривошипно-шатунные механизмы.

Кривошипно-шатунный механизм двигателя состоит из неподвижных и подвижных деталей. К неподвижным относятся: цилиндр, головка цилиндра и картер, образующие основу двигателя; к подвижным - поршень с поршневым пальцем и кольцами, шатун, коленчатый вал и маховик.

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

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

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

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

Коленчатые валы автомобильных и тракторных двигателей изготавливают методомковки или литья из среднеуглеродистых сталей или из высококачественных чугунов.

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

Для повышения прочности коленчатого вала перекрывают его коренные и шатунные шейки. Конструкция коленчатого вала и его форма выбираются так, чтобы независимо от тактности двигателя обеспечивалось равномерное чередование рабочих ходов при любом принятом числе и расположении цилиндров, а также достигалось более полное уравнивание двигателя. С этой целью колена вала, равноотстоящие от его середины (от оси симметрии), располагают в одной плоскости.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из двигателя, поворотного стенда, приспособлений и слесарного инструмента для разборки и сборки кривошипно-шатунного механизма и измерительного инструмента для определения геометрических параметров. Двигатель установлен на поворотном стенде, позволяющем поворачивать его на  $360^\circ$  (рисунок 1). С целью сокращения времени

для разборочно-сборочных работ сняты с двигателя приборы электрооборудования, системы питания, смазки и охлаждения.

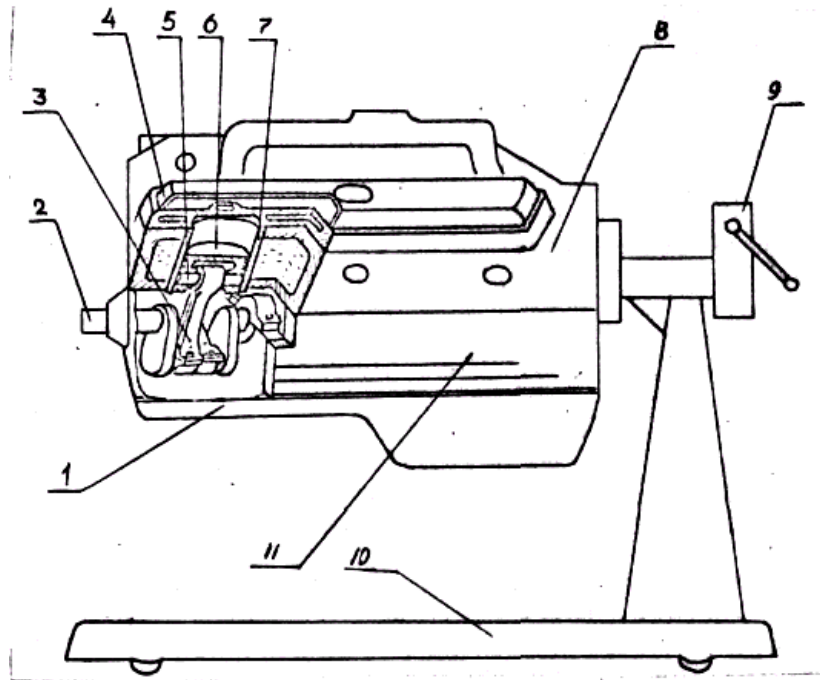


Рисунок 2.1. Установка для определения параметров кривошипно-шатунного механизма:

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

Поршень сделан из алюминиевого сплава. Юбка поршня выполнена с бочкообразным вертикальным профилем и микрорельефом для улучшения приработки и снижения потерь на трение. В поперечном (горизонтальном) сечении юбка поршня имеет форму овала, где больший радиус расположен перпендикулярно оси поршневого пальца.

На днище каждого поршня сделана выемка для расположения части камеры сгорания и четыре цековки, которые предотвращают касание (удары) о днище поршня тарелок клапанов при нарушении фаз газораспределения.

По наибольшему диаметру юбки поршни делятся на 5 размерных групп, по диаметру отверстия под поршневой палец на 2 группы. Маркировка размерных групп выбивается на днище.

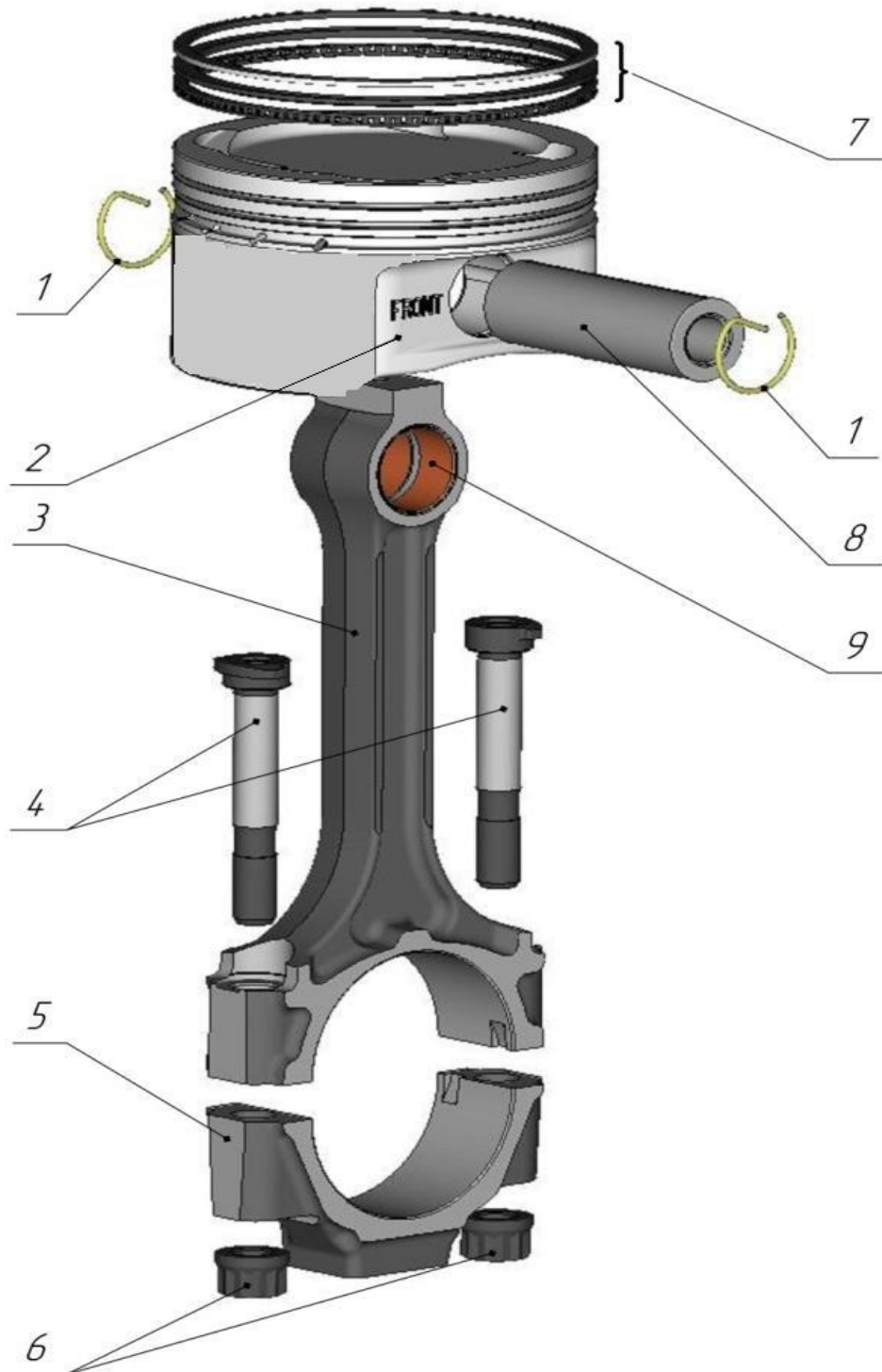


Рисунок 2.2 Поршень и шатун

1- стопорные кольца; 2 – поршень; 3 - шатун; 4 – болты шатуна; 5 – крышка шатуна; 6 – гайки; 7 – поршневые кольца; 8 - поршневой палец; 9 – втулка шатуна

На торце поршня имеется надпись «ПЕРЕД», служащая для его правильной ориентации при установке в блок цилиндров. Поршень должен устанавливаться, ориентируясь данной надписью в сторону переднего торца блока цилиндров (в сторону расположения шкива-демпфера коленчатого вала).

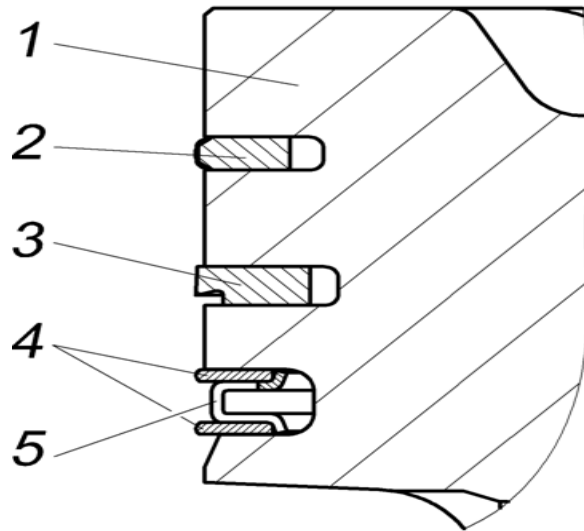


Рисунок 2.3 Поршневые кольца

1 - поршень; 2 – верхнее компрессионное кольцо; 3 – нижнее компрессионное кольцо; 4 – кольцевой дисковый элемент; 5 – пружинный расширитель

Поршневые кольца устанавливаются по три на каждом поршне: два компрессионных и одно маслосъемное.

Верхние компрессионные кольца 2 изготавливаются из высокопрочного чугуна. Прилегающая к цилиндру рабочая наружная поверхность верхнего компрессионного кольца имеет бочкообразную форму. Для увеличения износостойкости эта поверхность покрыта хромом.

Нижние компрессионные кольца 3 изготавливаются из серого чугуна, имеют наружную коническую поверхность. Кольцо должно устанавливаться на поршень маркировкой «ТОР» или маркировкой товарного знака предприятия-изготовителя в сторону днища поршня (вверх).

Маслосъемное кольцо составное. Состоит из двух стальных кольцевых дисковых элементов 4 и пружинного расширителя 5.

Поршневые пальцы – трубчатого сечения, стальные, плавающего типа, при работе двигателя свободно вращаются в бобышках поршня и втулке шатуна. Для увеличения твердости и износостойкости наружная поверхность пальца упрочнена с помощью химико-термической обработки. Осевое перемещение пальца ограничивается стопорными кольцами, установленными в канавках поршня. Пальцы по наружному диаметру делятся на размерные группы.

Шатун – стальной, кованный, со стержнем двутаврового сечения и продольным отверстием подачи масла для смазки подшипника поршневого пальца и охлаждения днища поршня. В поршневую головку шатуна запрессована бронзовая втулка, служащая подшипником поршневого пальца.

Крышка шатуна крепится к шатуну двумя центрирующими болтами с гайками. Крышка обрабатывается совместно шатуном, поэтому крышки нельзя переставлять с одного шатуна на другой.

Для правильной сборки на боковых поверхностях крышек и шатунов, выбиты порядковые номера цилиндров, в которые они были установлены. Крышка шатуна с шатуном должны быть собраны таким образом, чтобы номера цилиндров или пазы под вкладыши располагались с одной стороны.

Шатуны по внутреннему диаметру отверстия втулки под поршневой палец делятся на 4 размерные группы и на 4 группы по массе.

Коленчатый вал – пятиопорный, отлит из высокопрочного чугуна. Для разгрузки коренных подшипников от центробежных сил коленчатый вал имеет восемь противовесов. Износостойкость коренных, шатунных шеек и поверхности заднего фланца, контактирующей с рабочей кромкой сальника, обеспечивается поверхностной закалкой с нагревом токами высокой частоты. Галтели коренных и шатунных шеек вала накатываются роликами для их упрочнения. Вал динамически сбалансирован. В коренных (кроме средней) и шатунных шейках просверлены сквозные отверстия, которые соединяются косыми сверлениями, проходящими сквозь шейки и щеки вала. Данные каналы служат для подачи масла к шатунным подшипникам. В месте выхода сверлений в щеках находятся специальные грязеулавливающие

полости, закрытые резьбовыми пробками. В процессе вращения коленчатого вала грязь и продукты износа, находящиеся в масле, отделяются за счет действия центробежной силы инерции и накапливаются в этих полостях. Происходит дополнительная, помимо фильтра, очистка масла.

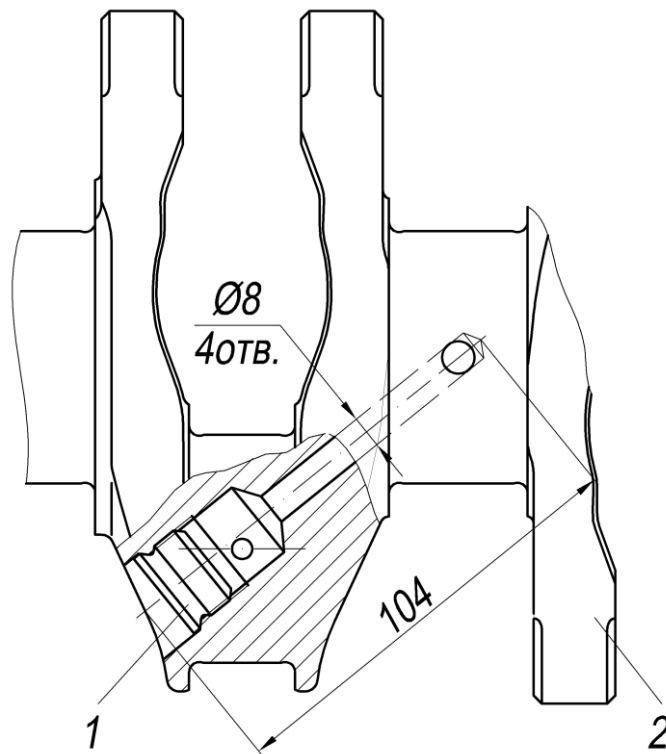


Рисунок 2.4 Шатунная и коренные шейки коленчатого вала с каналом для смазки шеек вала  
1- пробка масляного канала; 2 – коленчатый вал

Направление вращения коленчатого вала – правое (при направлении взгляда на шкив-демпфер).

Коленчатый вал вращается в опорах блока цилиндров, в которых расположены вкладыши подшипников.



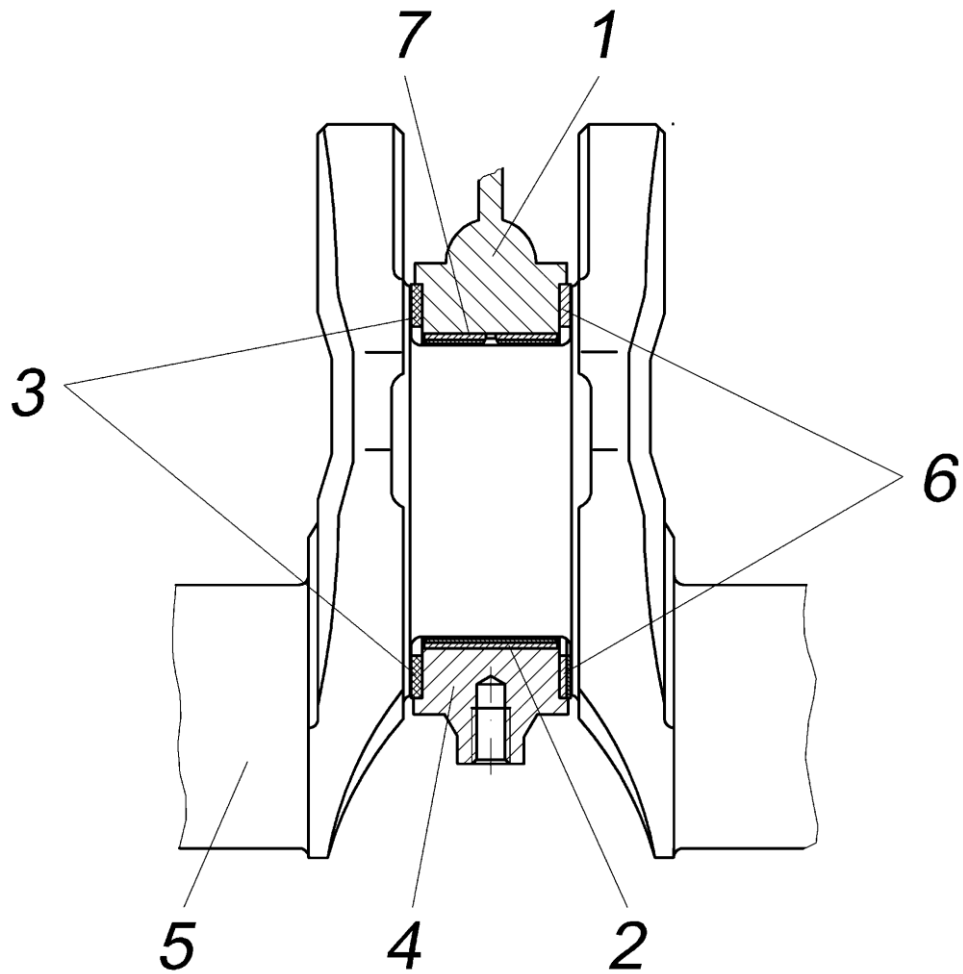


Рисунок 2.5 Средний (упорный) подшипник коленчатого вала  
 1 – блок цилиндров; 2 – нижний вкладыш коренного подшипника; 3 – передние упорные полушайбы; 4 – крышка среднего коренного подшипника; 5 – коленчатый вал; 6 – задние упорные полушайбы; 7 – верхний вкладыш коренного подшипника

Коренные и шатунные вкладыши - сталеалюминевые. Верхние вкладыши коренных подшипников имеют канавку и отверстие для подачи масла, нижние без канавок. Верхние и нижние вкладыши шатунных подшипников одинаковые, с отверстием для подвода масла в масляный канал шатуна.

Осевое перемещение коленчатого вала ограничивается упорными полушайбами 3, 6 (рис.2.5), расположенными по обе стороны средней (третьей) коренной опоры в проточках крышки и блока цилиндров. Полушайбы поверхностью с канавками обращены к щекам коленчатого вала. Нижние полушайбы удерживаются от вращения за счет выступов, входящих в пазы на торцах крышки среднего коренного подшипника.

Нижние полушайбы упорного подшипника сталеалюминевые. Верхние полушайбы упорного подшипника выполнены полностью из алюминиевого сплава. Могут устанавливаться полиамидные полушайбы 3 переднего упорного подшипника.

#### 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Студенты производят разборку двигателя, изучают взаимосвязь составных частей кривошипно–шатунного механизма, измеряют параметры под наблюдением преподавателя или учебного мастера (лаборанта).

Материальное обеспечение: двигатель без приборов питания и электрооборудования, установленный на поворотном стенде; приспособление для снятия и установки поршневых колец, съемных вставных гильз; оправка для установки поршня в цилиндр; комплект инструмента для разборочно-сборочных работ; молоток, выколотки, масштабная линейка с пределами измерений 0...600 мм; микрометры; нутромер; штангенглубомер.

При выполнении работы студенты должны соблюдать общие правила по охране труда и пожарной безопасности, разработанные и утвержденные кафедрой для лаборатории конструкции автомобилей.

С особенностями различных конструкций современных кривошипно-шатунных механизмов студенты знакомятся в часы самостоятельной подготовки по литературным источникам.

В процессе выполнения работы студенты детально изучают конструкцию и работу кривошипно-шатунного механизма и его составных частей на конкретном автомобиле.

#### 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1) Убедиться в надежности крепления двигателя на поворотном стенде и проверить наличие необходимых приспособлений и инструментов;

2) Снять головку цилиндров и установить поршень первого цилиндра в верхнюю мертвую точку;

3) Измерить ход поршня. Для этого повернуть коленчатый вал и установить поршень первого цилиндра в нижнюю мертвую точку.

Определить диаметр цилиндра, измерив его нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;

4) Оценить двигатель по отношению S/D;

5) Повернуть двигатель на  $180^\circ$ , снять поддон картера, шатуны с поршнями и коленчатый вал;

6) Определить овальность направляющей части поршня, измерив ее микрометром в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (в плоскости поршневого пальца и перпендикулярной к нему);

7) Определить ступенчатость поршня, измерив микрометром диаметры направляющей и уплотняющей частей;

8) Изучить конструкцию поршня (форму днища, кольцевые канавки, меры предохранения от заклинивания и уменьшения силы инерции и др.);

9) Изучить конструкцию и крепление поршневого пальца (обратить внимание на его фиксацию от осевого перемещения);

10) Изучить конструкцию шатуна (обратить внимание на подвод масла к поршневому пальцу и кулачкам распределительного вала, на сечение тела шатуна и др.);

11) Измерить диаметры коренной и шатунной шеек коленчатого вала;

12) Определить перекрытие шеек коленчатого вала  

$$A = r_{ш} + r_{к} - R_{к};$$

где  $r_{ш}$  - радиус соответственно шатунной и коренной шейки;  $R_{к}$  - радиус кривошипа

Если  $A \leq 0$ , то перекрытия шеек нет;

13) Вычертить схему кривошипно-шатунного механизма и коленчатого вала и составить возможные варианты порядка работы двигателя. Указать, какой из них наиболее распространен, почему и на каких двигателях применяется. Для одного из них (по указанию преподавателя) построить таблицу чередования тактов;

14) По указанию преподавателя вычертить один - два эскиза деталей кривошипно-шатунного механизма .

15) Записать результаты измерений и наблюдений в таблицу 1;

16) После проверки преподавателем полученных результатов (таблиц, схем, эскизов и т.д.) собрать двигатель, привести в порядок рабочее место и сдать инструмент лаборанту.

## 6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

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

1) Отношение хода поршня к диаметру цилиндра

$$K = \frac{S}{D}. \quad (2.1)$$

2) Рабочий объем цилиндра:

$$V_h = S \cdot F_{\Pi}, \quad (2.2)$$

где  $F_{\Pi}$  – площадь поршня,  $\text{дм}^2$ .

3) Объем камеры сгорания

$$V_C = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}. \quad (2.3)$$

4) Рабочий объем двигателя

$$V_r = i \cdot V_h. \quad (2.4)$$

5) Диаметр цилиндра

$$D = \frac{D' + D''}{2}, \quad (2.5)$$

6) Уплотняющая часть поршня

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

Результаты вычислений записать в таблицу 1.

## 7. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы необходимо оформить черновики отчета и предварительно обработать полученные данные, а также вычертить в черновом варианте схемы и эскизы заданных преподавателем составных частей и деталей кривошипно-шатунного механизма. Черновик следует представить преподавателю для проверки.

1) Отчет в объеме 4-5 страниц должен быть оформлен в соответствии с требованиями методических указаний и содержать, кроме результатов проведенных измерений и вычислений, еще и

схемы кривошипно-шатунного механизма, коленчатого вала, цилиндра или других деталей, указанных преподавателем.

- 2) Титульный лист.
- 3) Цели и задачи.
- 4) Схема лабораторной установки.
- 5) Расчеты по лабораторной работе.
- 6) Таблица А.1 с результатами измерений и вычислений.
- 7) Эскизы.
- 8) Выводы

## 8. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

- 1) Ознакомиться с основными типами кривошипно-шатунного механизма отечественных и зарубежных автомобилей.
- 2) Изучить требования к кривошипно-шатунным механизмам согласно стандартам, достоинства и недостатки различных схем кривошипно-шатунных механизмов.
- 3) Изучить конструкцию и работу кривошипно-шатунного механизма.
- 4) Ознакомиться с методикой расчета основных параметров кривошипно-шатунных механизмов (ход поршня, объем камеры сжатия, рабочий и полный объемы цилиндра и др.).
- 5) Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 6) Подготовить необходимые таблицы для записи результатов работы.

## 9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Понятие об основных конструктивных параметрах ДВС.
  - 2) Методика определения возможных порядков работы двигателя и построение таблицы чередования тактов.
  - 3) Компоновочные схемы кривошипно-шатунных механизмов.
  - 4) Назначение, конструкция и материалы деталей кривошипно-шатунного механизма.
  - 5) Особенности конструкции кривошипно-шатунных механизмов и деталей дизельных двигателей.
  - 6) Основные типы камер сжатия.
  - 7) Конструкция деталей кривошипно-шатунных механизмов.
- Обозначения:

$D'$  - диаметр цилиндра в плоскости оси коленчатого вала;

$D''$  - диаметр цилиндра в перпендикулярной плоскости коленчатого вала;

$D'_y$  - диаметр уплотняющей части поршня в плоскости поршневого пальца;

$D''_y$  - диаметр уплотняющей части поршня в плоскости, перпендикулярной к поршневому пальцу.

Таблица 1- Бланк отчёта

Основные параметры кривошипно-шатунного механизма двигателя

Параметр	Результаты работы
Тип двигателя	
Число и расположение цилиндров, $i_{ц}$	
Диаметр цилиндра, $D = \frac{D' + D''}{2}$ , мм	
Ход поршня, $S$ , мм	
Тип двигателя по отношению $S/D$	
Объем цилиндра, $дм^3$ :	
рабочий, $V_h$	
камеры сжатия, $V_c$	
полный, $V_a$	
Диаметр, мм:	
уплотняющей части поршня, $D_y = \frac{D'_y + D''_y}{2}$	
направляющей части в плоскости поршневого пальца, $D'_n$	
направляющей части в плоскости, перпендикулярной к поршневому пальцу, $D''_n$	
Овальность направляющей части поршня, $\Delta_0 = D''_n - D'_n$	
Конусность поршня, $D_k = D'_y - D''_n$ , мм	
Меры, предохраняющие поршень от заклинивания	
Меры по облегчению поршня	
Форма днища поршня	
Тип и крепление поршневого пальца	
Шатун:	
сечение его тела	
способ подачи масла к поршневому пальцу	
Размеры коленчатого вала, мм:	
диаметр коренной шейки, $d_k$	

диаметр шатунной шейки, $d_{ш}$	
радиус кривошипа, $R_k$	
Тип коленчатого вала по типу коренных шеек	
Способ фиксации коленчатого вала от осевого смещения	

## Лабораторная работа №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

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

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

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

-знать основные типы клапанных механизмов современных автомобильных двигателей, требования, предъявляемые к клапанным механизмам газораспределения и их деталям согласно стандартам, конструкцию и работу клапанных механизмов газораспределения;

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

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



## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

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

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

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

Наибольшее распространение на автомобильных четырехтактных двигателях получили клапанные механизмы газораспределения.

В зависимости от расположения клапанов относительно цилиндра различают нижнеклапанные, верхнеклапанные и смешанные механизмы газораспределения.

Конструкция механизма газораспределения зависит:

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

Эффективность процесса газообмена в многоцилиндровых двигателях оценивается средним для всех цилиндров

коэффициентом наполнения и равномерностью наполнения отдельных цилиндров. С целью лучшего наполнения свежим зарядом и лучшей очистки цилиндров двигателя от отработавших газов впускные и выпускные клапаны открываются и закрываются не при положении поршня в мертвых точках, а с некоторым опережением и запаздыванием. Моменты открытия и закрытия клапанов обычно выражаются в углах поворота коленчатого вала и называются фазами газораспределения.

Впускной клапан открывается обычно с опережением:  $\alpha=5...30^\circ$ . Это обеспечивает наличие некоторого проходного сечения с самого начала такта впуска и увеличивает время открытия клапанов. Закрывается впускной клапан с запаздыванием:  $\beta=30...90^\circ$ , что позволяет использовать инерционный напор всасываемой смеси, улучшая этим наполнение цилиндров двигателя. За время запаздывания закрытия впускного клапана в цилиндр поступает 10-15% заряда. Фаза впуска у современных автомобильных двигателей составляет в среднем  $230...280^\circ$  угла поворота коленчатого вала.

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

При положении поршня, близком к ВМТ около 0 градусов, в конце такта выпуска в течение некоторого времени впускной и выпускной клапаны находятся в открытом состоянии. Такое явление называется перекрытием клапанов. Вследствие кратковременности перекрытия и малых проходных сечений впускного клапана отработавшие газы во впускной трубопровод не проникают. Наоборот, в результате значительной инерции потока отработавших газов наблюдается подкачивание свежей смеси в цилиндры, следовательно, улучшается их наполнение.

На рисунке 3.1 показан привод распределительных валов двигателя ЗМЗ 406

Для правильной сборки привода распределительных валов и установки фаз газораспределения на звездочке коленчатого вала,

ведомой звездочке промежуточного вала, звездочках распределительных валов, блоке цилиндров имеются метки

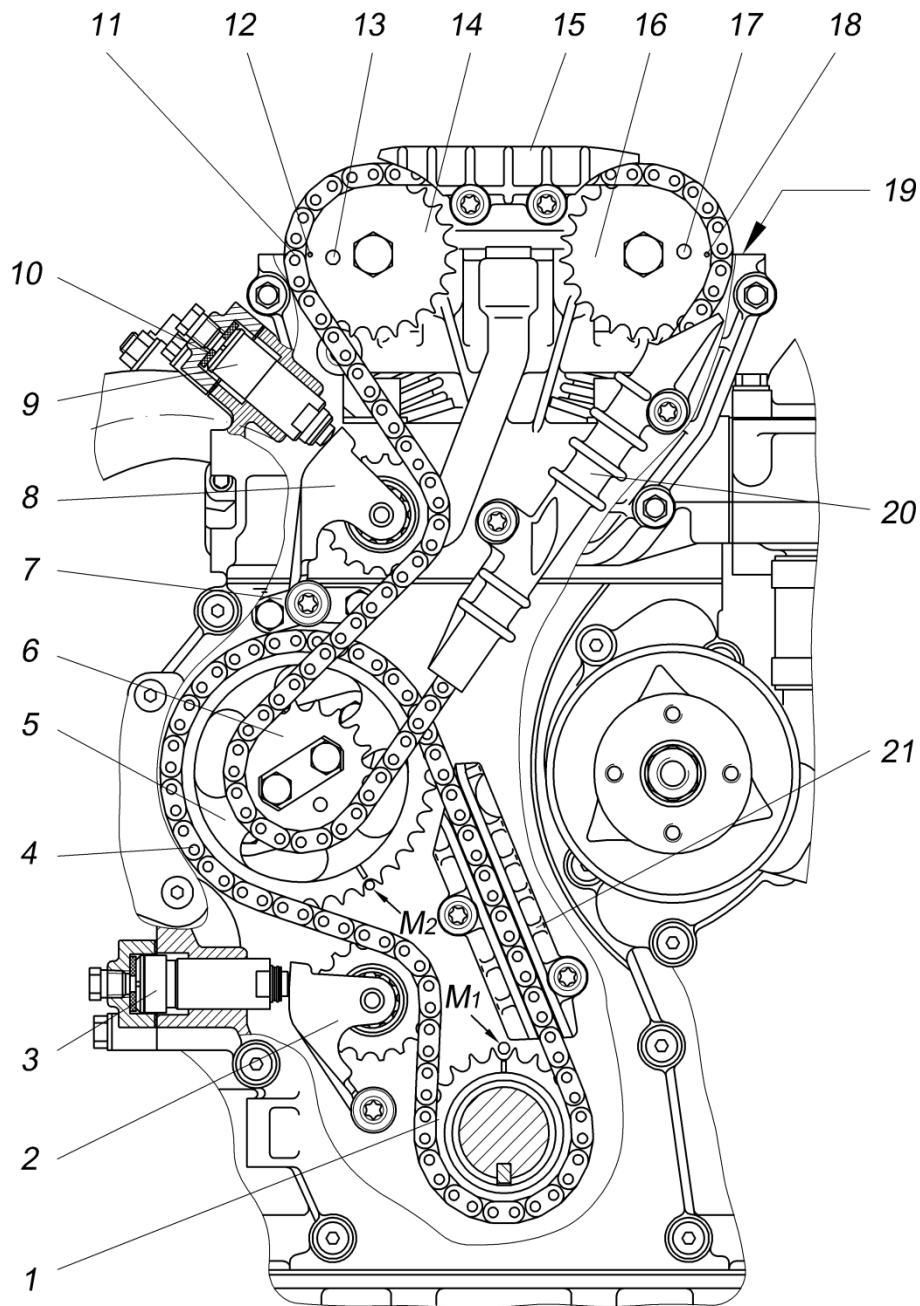


Рисунок 3.1 Привод распределительных валов двигателя.

1 – звездочка коленчатого вала; 2,8 – рычаг натяжного устройства со звездочкой; 3 – гидронатяжитель нижний; 4 – цепь нижняя; 5 – звездочка промежуточного вала ведомая; 6 – звездочка промежуточного вала ведущая; 7 – опора болта натяжного устройства; 9 – гидронатяжитель верхний; 10 – шумоизоляционная шайба; 11 – цепь верхняя; 12,18 – установочные метки на звездочках; 13,17 – установочные штифты; 14 – звездочка распределительного вала впускных клапанов; 15 – успокоитель цепи

верхний; 16 – звездочка распределительного вала выпускных клапанов; 19 – верхняя плоскость головки цилиндров; 20 – успокоитель цепи средний; 21 – успокоитель цепи нижний; М1 и М2 – установочные метки блока цилиндров

При установке привода метки М1, М2 на блоке цилиндров должны совпадать с метками на звездочках коленчатого и промежуточного валов. Метки 12, 18 на звездочках распределительных валов должны быть направлены в разные стороны наружу двигателя и совпадать с верхней плоскостью 19 головки цилиндров, как показано на рисунке.

Распределительные валы двигателей семейства ЗМЗ406 отлиты из специального легированного чугуна. Для достижения высокой износостойкости рабочих поверхностей применяется «отбел» кулачков.

Валы вращаются в два раза медленнее коленчатого вала в подшипниках, образованных головкой цилиндров и съемными алюминиевыми крышками. От осевых перемещений валы удерживаются упорными полукольцами, которые входят в проточки на передней опорной шейке валов.

Впускной и выпускной валы имеют одинаковый профиль кулачков. Распределительные валы обеспечивают фазы газораспределения, показанные на рис.3.2, и высоту подъема клапана 8 мм.

Фазы газораспределения действительны при правильной установке привода распределительных валов.

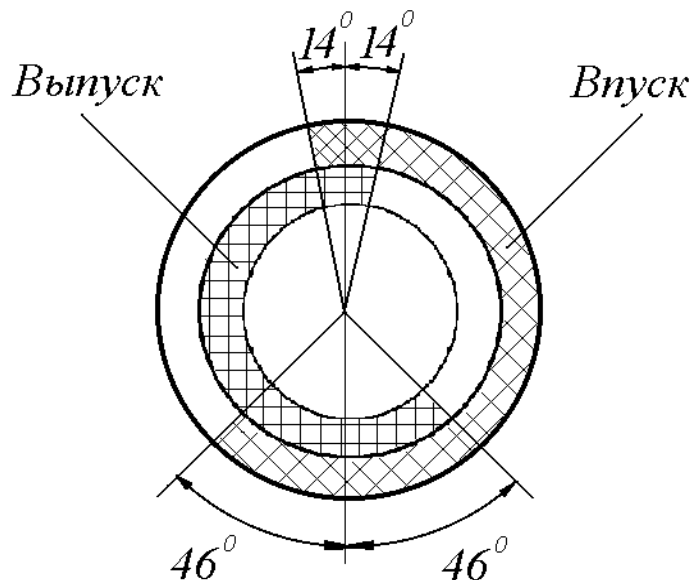


Рисунок 3.2. Фазы газораспределения двигателя ЗМЗ 406

Привод клапанов (рис. 3.3) осуществляется двумя распределительными валами 6 и 9, расположенными в головке цилиндров 5. Кулачки распределительных валов действуют непосредственно на гидротолкатели 10, которые перемещаются в цилиндрических отверстиях головки цилиндров. Применение гидравлических толкателей в приводе клапанов исключает необходимость регулировки зазоров. В приводе применяется одна пружина на каждый клапан

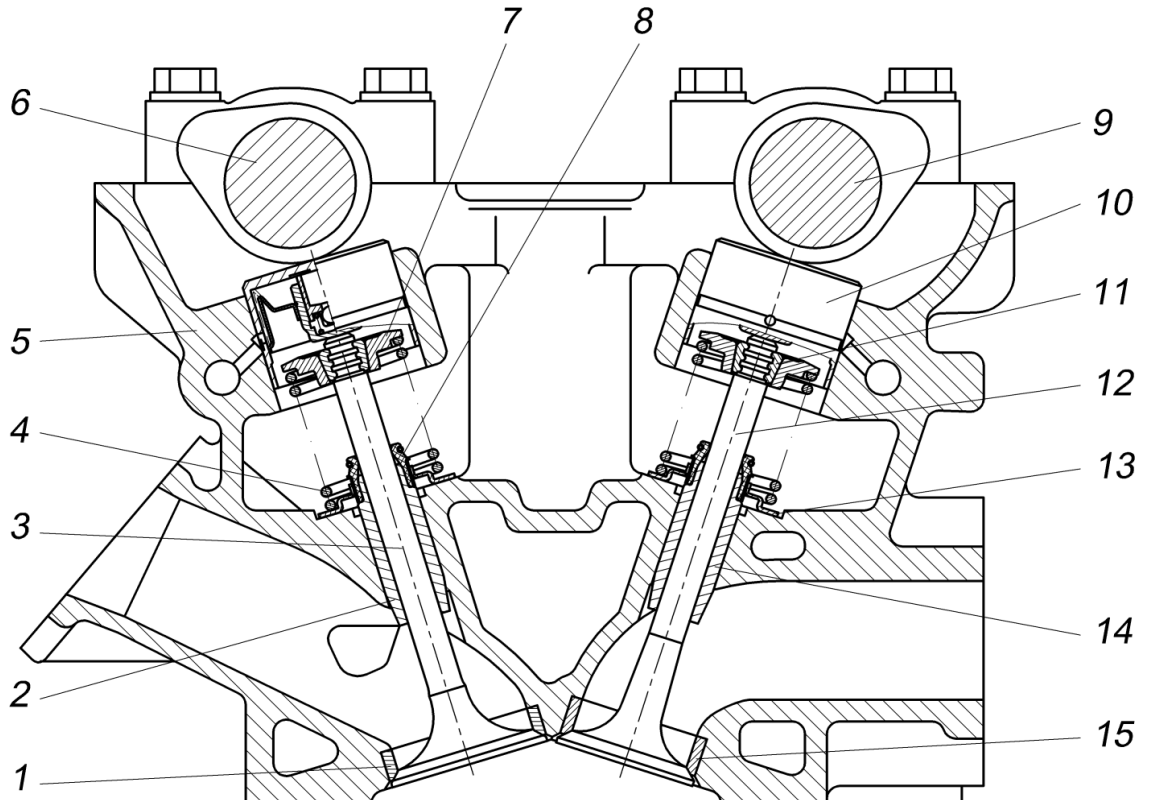


Рис. 3.3. Привод клапанов.

1 – седло впускного клапана; 2 – направляющая втулка впускного клапана; 3 – впускной клапан; 4 – пружина клапана; 5 – головка цилиндров; 6 – распределительный вал впускных клапанов; 7 – тарелка пружины клапана; 8 – маслоотражательный колпачок; 9 – распределительный вал выпускных клапанов; 10 – гидротолкатель; 11 – сухарь клапана; 12 – выпускной клапан; 13 – опорная шайба пружины клапана; 14 – направляющая втулка выпускного клапана; 15 – седло выпускного клапана.

Гидротолкатели (гидрокомпенсаторы) (рис.3.4) – выполнены в виде цилиндрического стакана с плунжерной парой гидрокомпенсатора внутри и канавкой с отверстием для подвода масла от магистрали в головке цилиндров снаружи.

Гидротолкатели обеспечивают беззазорный контакт кулачка распределительного вала с терцем клапана за счет давления масла и действия пружины гидрокомпенсатора.

При работе гидротолкатели вращаются благодаря смещению по ширине середины кулачка распределительного вала относительно оси гидротолкателя, что обеспечивает равномерную приработку и уменьшение износа торца гидротолкателя.

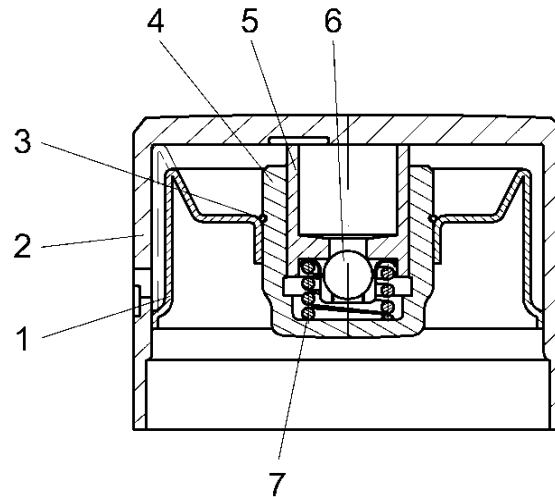


Рис 3.4 Гидротолкатель (гидрокомпенсатор)

1 – направляющая втулка гидрокомпенсатора; 2 – корпус гидротолкателя; 3 – стопорное кольцо; 4 – корпус гидрокомпенсатора; 5 – поршень гидрокомпенсатора; 6 – обратный шариковый клапан; 7 – пружина.

Клапаны изготовлены из жаропрочной стали и имеют возможность в процессе работы проворачиваться. Клапаны работают в направляющих втулках, запрессованных в головку цилиндров.

Направляющие втулки изготавливаются из металлокерамики или из легированного серого чугуна. Седла клапанов изготавливаются из металлокерамики.

Впускной клапан

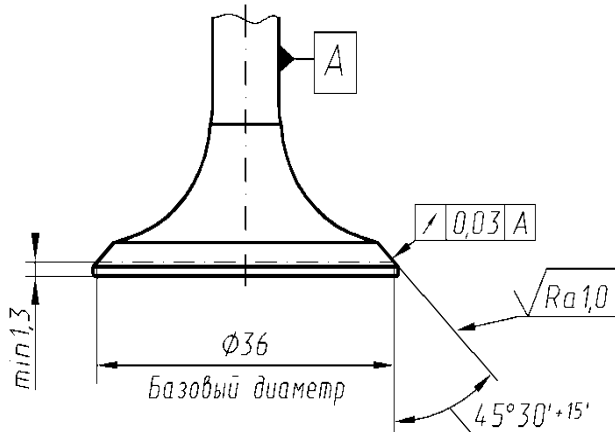


Рис. 3.5. Впускной клапан

Выпускной клапан

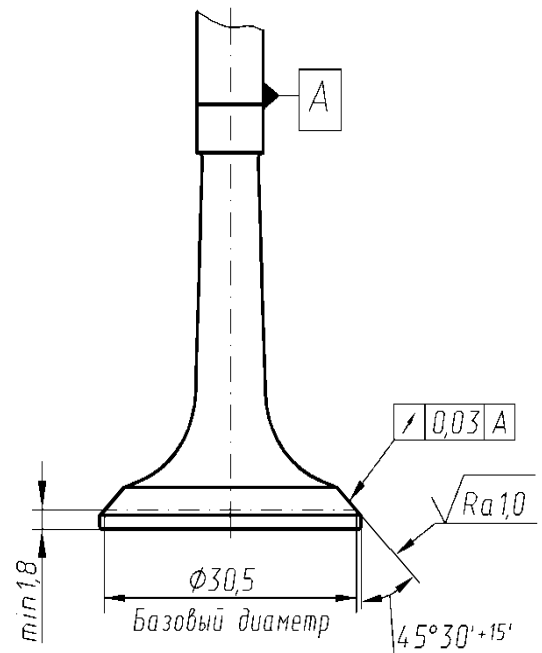


Рис. 3.6 Выпускной клапан

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из двигателя, поворотного стенда, приспособлений, слесарного и измерительного инструментов, необходимых для разборки и сборки и определения геометрических параметров механизма газораспределения.

Двигатель установлен на поворотном стенде, позволяющем поворачивать двигатель на 360°. Для сокращения времени на выполнение разборочно-сборочных работ приборы электрооборудования, систем питания, смазки и охлаждения сняты с двигателя. С этой целью снята также часть деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов.

### 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучаются и измеряются параметры составных частей механизма газораспределения под наблюдением преподавателя

или учебного мастера (лаборанта) в соответствии с методическими указаниями.

2. Материальное обеспечение: двигатель без приборов питания и электрооборудования, установленный на поворотном стенде, съемник клапанов, микрометр 0...25 мм, угломер со шкалой 0...45°, лимб со шкалой 0...360°, штангенциркуль (глубомер), щуп пластинчатый, набор гаечных ключей, молоток.
3. При выполнении работы должны соблюдаться общие правила по охране труда и пожарной безопасности, разработанные и утвержденные кафедрой для лаборатории двигателей внутреннего сгорания и эксплуатационных материалов.
4. Основные типы механизмов газораспределения изучаются во время самостоятельной работы.

В процессе выполнения работы детально изучить конструкцию клапанного механизма газораспределения конкретного автомобильного двигателя.

## 5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

- 1) убедиться в надежности крепления двигателя на стенде и наличия необходимых приспособлений и инструментов;
- 2) снять клапанную крышку и определить расположение клапанов;
- 3) освободить клапанные пружины (демонтировать впускной и выпускной клапаны), изучить способ фиксации пружин и механизм вращения клапанов. Измерить диаметры тарелок и углы рабочих фасок впускного и выпускного клапанов. Определить тип клапана и меры, уменьшающие аэродинамическое сопротивление;
- 4) освободить распределительный вал от продольной фиксации и снять его.

Изучить конструкцию распределительного вала (количество опорных шеек, элементы привода вспомогательных механизмов), измерить диаметры опорных шеек, определить по профилю максимальную высоту кулачка

где  $H$  - высота кулачка;  $r_H$  - радиус начальной окружности; ознакомиться с конструкцией гидрокомпенсатора теплового зазора;

- 7) изучить конструкцию привода механизма газораспределения (тип привода, передаточное число, мероприятия по повышению



- бесшумности работы). Обратить внимание на установочные метки шестерни (звездочек);
- 8) результаты измерений, расчетов и наблюдений записать в таблицу 1;
  - 9) собрать и отрегулировать механизм газораспределения;
  - 10) вычертить схему механизма газораспределения и эскизы двух деталей указанных преподавателем (рисунок 3.3; 3.4; 3.5; 3.6);
  - 11) после проверки преподавателем полученных результатов собрать двигатель, привести в порядок рабочее место, сдать инструмент учебному мастеру (лаборанту).

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет в объеме 4-5 страниц должен быть оформлен в соответствии с требованиями методических указаний к лабораторным работам и содержать результаты измерений, наблюдений в виде таблиц, расчетов и вычислений, схему механизма, а также рисунки заданных деталей.

## 7. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Ознакомиться с основными типами механизмов газораспределения отечественных и зарубежных автотранспортных двигателей.
2. Изучить требования, предъявляемые к клапанным механизмам автотракторных двигателей согласно стандартам.
3. Ознакомиться с диаграммой подъема впускного и выпускного клапанов.
4. Изучить принцип работы газораспределительного механизма четырехтактного двигателя
5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
6. Подготовить необходимые таблицы (бланки) для записи результатов работы.

## 9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Типы механизмов газораспределения.

2. Достоинства и недостатки механизма газораспределения с верхним и нижним расположением клапанов.
3. Влияние фаз газораспределения на мощность и экономичность двигателя.
4. Как влияют детали на конструкцию механизма газораспределения?
5. Чем отличаются условия работы выпускных клапанов от впускных?
6. Достоинства применения поворота клапанов.
7. Как повышается износо- и жаростойкость деталей механизма газораспределения?
8. Каково назначение зазоров в механизме газораспределения?
9. Требования, предъявляемые к механизму газораспределения и его деталям согласно стандартам.

Таблица 1. Основные параметры механизма газораспределения

Параметры	Результаты работы
Тип механизма газораспределения	
Тип клапана:	
впускного	
выпускного	
Геометрические параметры впускного клапана:	
диаметр тарелки $\alpha_{mk}$ , мм	
угол фаски тарелки $d_f$ , град	
Геометрические параметры выпускного клапана:	
диаметр тарелки $\alpha_{mk}$ , мм	
угол фаски тарелки $d_f$ , град	
Способ регулировки зазоров между стержнем клапана и толкателем	
Способ крепления пружин на стержне клапана	
Распределительный вал:	
количество опорных шеек	
диаметры опорных шеек, $d_{01}, d_{02}, \dots, d_{0n}$	
способ фиксации от осевого смещения	
Максимальная высота подъема клапана, мм:	
впускного, $h_{k1}$	
выпускного, $h_{k1}$	

Начало открытия клапана, град:	
впускного до ВМТ, $\alpha_{вп}$	
выпускного до НМТ, $\alpha_{вып}$	
Конец закрытия клапана, град	
впускного после НМТ, $\beta_{вп}$	
выпускного после НМТ, $\beta_{вып}$	
Продолжительность открытого состояния клапана, град	
впускного, $\theta_{вп}$	
выпускного, $\theta_{вып}$	
Перекрытие клапанов $\theta$ , град	
Привод механизма газораспределения:	
тип	
передаточное число, $i_m$	
мероприятия, повышающие бесшумность работы	

## Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ  
ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ  
ДВИГАТЕЛЯ

## 4.1. Цель и задачи работы

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

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

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

знать назначение, основные типы, конструкцию и работу систем жидкостного охлаждения современных автомобильных и тракторных поршневых двигателей, назначение, типы, конструкцию и работу основных элементов системы охлаждения, требования, предъявляемые к жидкостной системе охлаждения, ее составным частям и охлаждающим жидкостям согласно стандартам, способы регулирования температуры двигателя, а также особенности жидкостных систем охлаждения дизельных двигателей и двигателей с воздушным охлаждением;

уметь самостоятельно осваивать конструкции системы охлаждения и ее составных частей, применять охлаждающие жидкости в зависимости от времени года, условий эксплуатации автомобилей и конструкции двигателя;

овладеть практическими навыками разборки и сборки составных частей системы охлаждения двигателя, критического анализа и оценки конструкций системы охлаждения и ее составных частей.

## 4.2. Теоретические сведения

В зависимости от типа двигателя температура газов внутри цилиндров в период сгорания рабочей смеси достигает 2000...

2500°C. Газы, обладающие столь высокой температурой, сильно нагревают детали двигателя, в результате чего его нормальная работа их может нарушаться.

Сильный нагрев двигателя может вызвать снижение его мощности вследствие ухудшения наполнения цилиндров, самовоспламенение смеси и детонацию, усиленный износ, заедание и поломку деталей в результате нарушения нормальных зазоров, ухудшение смазочных свойств и выгорание масла, снижение механических качеств материалов. Для обеспечения нормальной работы неадиабатного двигателя необходимо охлаждать детали, отводя от них лишнюю теплоту в атмосферу либо непосредственно, либо с помощью промежуточного тела, например, низкозамерзающей жидкости (антифриза). Так как на охлаждение двигателя тратится ориентировочно 30% тепловой энергии топлива, оно должно быть умеренным.

При повышении охлаждения (переохлаждении) деталей двигателя, ограничивающих внутрицилиндровое пространство, увеличиваются потери теплоты в окружающую среду, ухудшается испарение топлива, а вследствие сгущения смазки увеличиваются потери на трение. Все это приводит к падению мощности и ухудшению экономичности двигателя, а в дизельных двигателях еще и к осмолению порошей, поршневых колец и выпускных клапанов. Таким образом, как перегрев, так и переохлаждение нарушают нормальную работу двигателя.

Совокупность устройств, обеспечивающих подвод охлаждающей среды к нагретым деталям двигателя и отвод от них в окружающую среду лишней теплоты, составляет систему охлаждения, которая должна обеспечивать наивыгоднейшую степень охлаждения и возможность поддержания в требуемых пределах теплового состояния двигателя при различных режимах и условиях работы.

В современных автомобильных двигателях применяются два способа охлаждения: жидкостное (наиболее распространенное) и воздушное. В зависимости от способа циркуляции охлаждающей жидкости различают две системы жидкостного охлаждения: с термосифонной и с принудительной циркуляциями.

Термосифонной циркуляцией жидкости оборудованы только пусковые двигатели тракторов. Принудительная жидкостная система охлаждения может быть либо постоянно сообщена с

атмосферой, либо через специальный паровоздушный клапан. В зависимости от способа соединения полости системы охлаждения двигателя с атмосферой принудительная жидкостная система делится на открытую и закрытую.

В рубашке охлаждения и радиаторе закрытой системы давление несколько выше атмосферного, соответственно выше и температура кипения жидкости. Закрытая система более совершенна и применяется на всех современных автомобильных двигателях.

В общем случае в систему жидкостного охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости входят жидкостный насос с распределительной трубой, рубашка охлаждения головки и блока, нижний и верхний соединительные патрубки со шлангами, радиатор с паровоздушными клапанами и расширительными бачками, жалюзи радиатора, вентилятор, автоматическая муфта отключения лопастей вентилятора, термостат и сливные краники.

Система охлаждения двигателей семейства ЗМЗ406 (рис .4.1) - жидкостная, закрытая, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости.

Система охлаждения двигателя состоит из рубашек охлаждения блока цилиндров 5 и головки цилиндров 1, водяного насоса с электромагнитной муфтой включения вентилятора 4, термостата 2 и сливной пробки 6.

Вентилятор системы охлаждения крепится к ступице водяного насоса с электромагнитной муфтой.

Циркуляция охлаждающей жидкости в системе создается центробежным водяным насосом, приводимым ремнем от коленчатого вала. Насос подает жидкость в рубашку охлаждения блока цилиндров, откуда жидкость поступает в рубашку головки цилиндров и далее в корпус термостата. Термостат автоматически регулирует подачу охлаждающей жидкости в радиатор в зависимости от её температуры.

Через штуцер крышки термостата в расширительный бачок отводится воздух при заполнении системы и возникающий при работе двигателя в системе охлаждения пар. Слив охлаждающей жидкости из двигателя осуществляется через пробку 6, расположенную на левой стороне блока цилиндров.

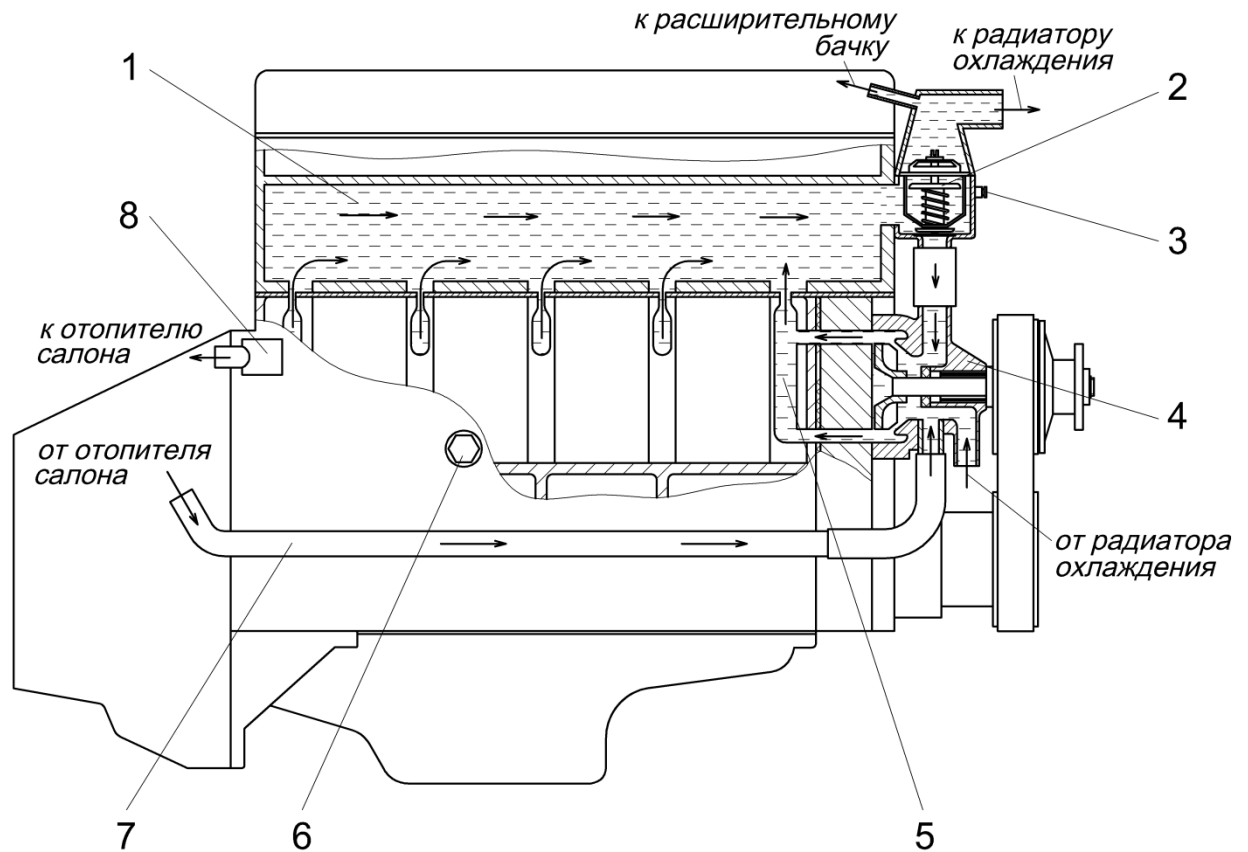


Рисунок 4.1 Система охлаждения двигателя

1 – рубашка охлаждения головки цилиндров; 2 – термостат; 3 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 4 – водяной насос с электромагнитной муфтой; 5 – рубашка охлаждения блока цилиндров; 6 – сливная пробка на блоке цилиндров; 7 – трубка забора охлаждающей жидкости; 8 – патрубок отопителя

Указатель температуры охлаждающей жидкости управляется сигналом, формируемым блоком управления на основании информации от датчика температуры 3, размещенного в корпусе термостата.

Водяной насос (рис.4.2) – центробежного типа, с электромагнитной муфтой привода вентилятора, установлен на крышке цепи, подача охлаждающей жидкости насосом осуществляется в блок цилиндров.

Герметичность насоса обеспечивается самоподжимным торцевым уплотнением 7, которое запрессовывается в корпус 6 водяного насоса и на валик подшипника 11.

Проникающая через уплотнение охлаждающая жидкость не попадает в подшипник, а стекает через отверстие в дренажную полость 9, закрытую заглушкой. Скапливающаяся в дренажной

полости жидкость в процессе работы двигателя постепенно испаряется через отверстия 10 и 4. Проникающий через уплотнение пар испаряется в атмосферу через отверстие 4.

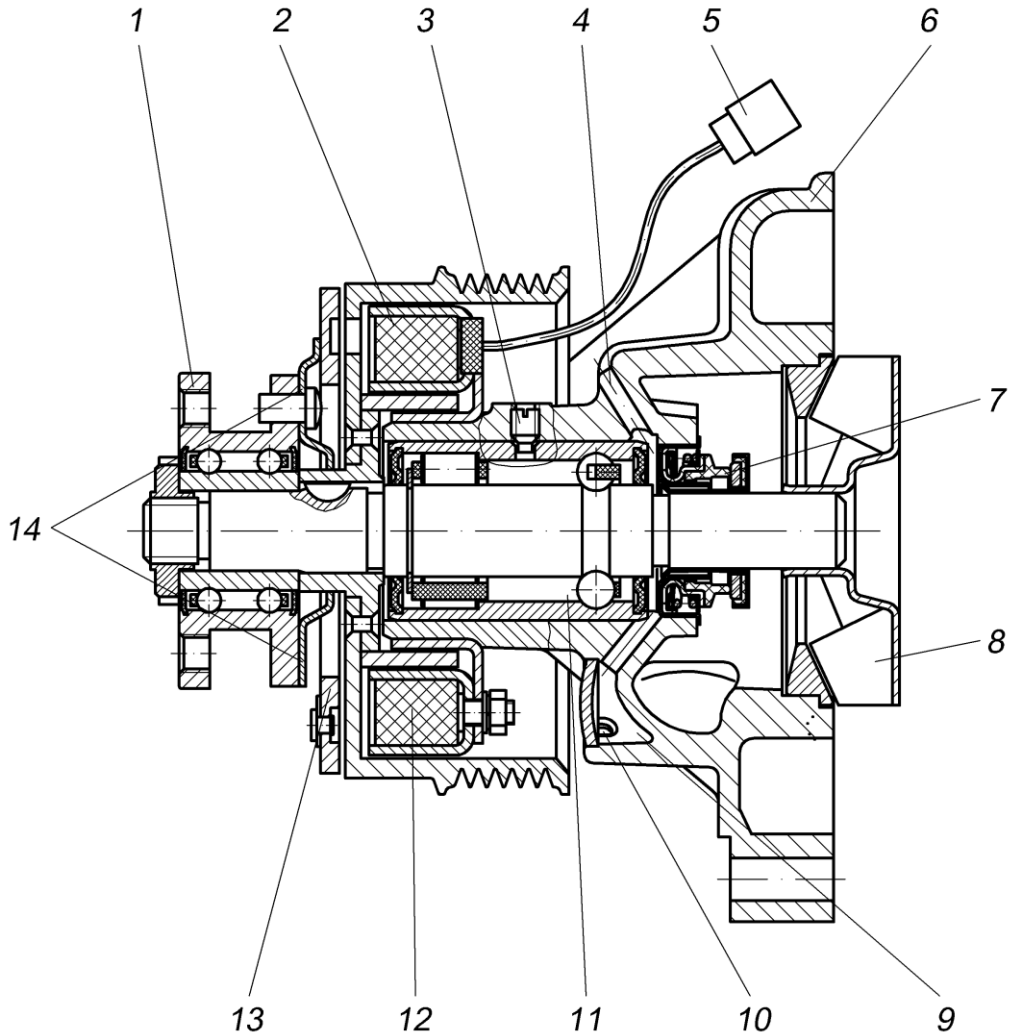


Рисунок 4.2. Водяной насос с электромагнитной муфтой

1 – ступица вентилятора; 2 – шкив; 3 – фиксатор подшипника; 4 – отверстие для испарения жидкости; 5 – гнездовая колодка; 6 – корпус водяного насоса; 7 – уплотнение; 8 – крыльчатка; 9 – дренажная полость; 10 – контрольное отверстие; 11 – подшипник; 12 – катушка электромагнита; 13 – ведомый диск; 14 – пластинчатые пружины

На переднем конце корпуса водяного насоса неподвижно на держателе установлена катушка электромагнита 12 электромагнитной муфты. Ступица 1 крепления вентилятора установлена на валике подшипника водяного насоса на шариковом подшипнике.



При отсутствии напряжения на электромагните ступица 1 вместе с ведомым диском 13 разъединена со шкивом 2 и вращается свободно с небольшой угловой скоростью.

При подаче напряжения на электромагнит муфты ведомый диск 13, преодолевая усилие пластинчатых пружин 14, притягивается к шкиву 2 и ступица вентилятора начинает вращаться совместно со шкивом и валиком подшипника водяного насоса. Когда напряжение с электромагнита муфты снимается, пластинчатые пружины 14 отводят диск 13 от шкива 2, разъединяя ступицу и шкив.

Подключение электромагнитной муфты к системе электрооборудования автомобиля осуществляется с помощью разъёма 5.

Подача напряжения на электромагнит муфты происходит по сигналу с блока управления через реле при повышении температуры охлаждающей жидкости свыше плюс  $93 \pm 2$  °С, выключение – при снижении ниже плюс  $91 \pm 2$  С.

Привод водяного насоса и генератора осуществляется поликлиновым ремнем от шкива коленчатого вала.

**Термостат** (рис. 4.3) – с твердым наполнителем (микрористаллический воск), двухклапанный, с автоматическим дренажным клапаном Термостат расположен в алюминиевом корпусе, установленном на выходном отверстии рубашки охлаждения головки цилиндров, и соединен шлангами с водяным насосом, радиатором и расширительным бачком.

Термостат автоматически поддерживает необходимую температуру охлаждающей жидкости в двигателе, отключая и включая циркуляцию жидкости по большому кругу через радиатор.

На холодном двигателе основной клапан 4 термостата закрыт и вся охлаждающая жидкость циркулирует через открытый перепускной клапан 2 термостата в водяной насос по малому кругу, минуя радиатор.

При прогреве двигателя и подъеме температуры охлаждающей жидкости до плюс  $82 \pm 2$  °С основной клапан термостата начинает открываться, а перепускной - закрываться. При этом часть охлаждающей жидкости начинает циркулировать по большому кругу через радиатор охлаждения.

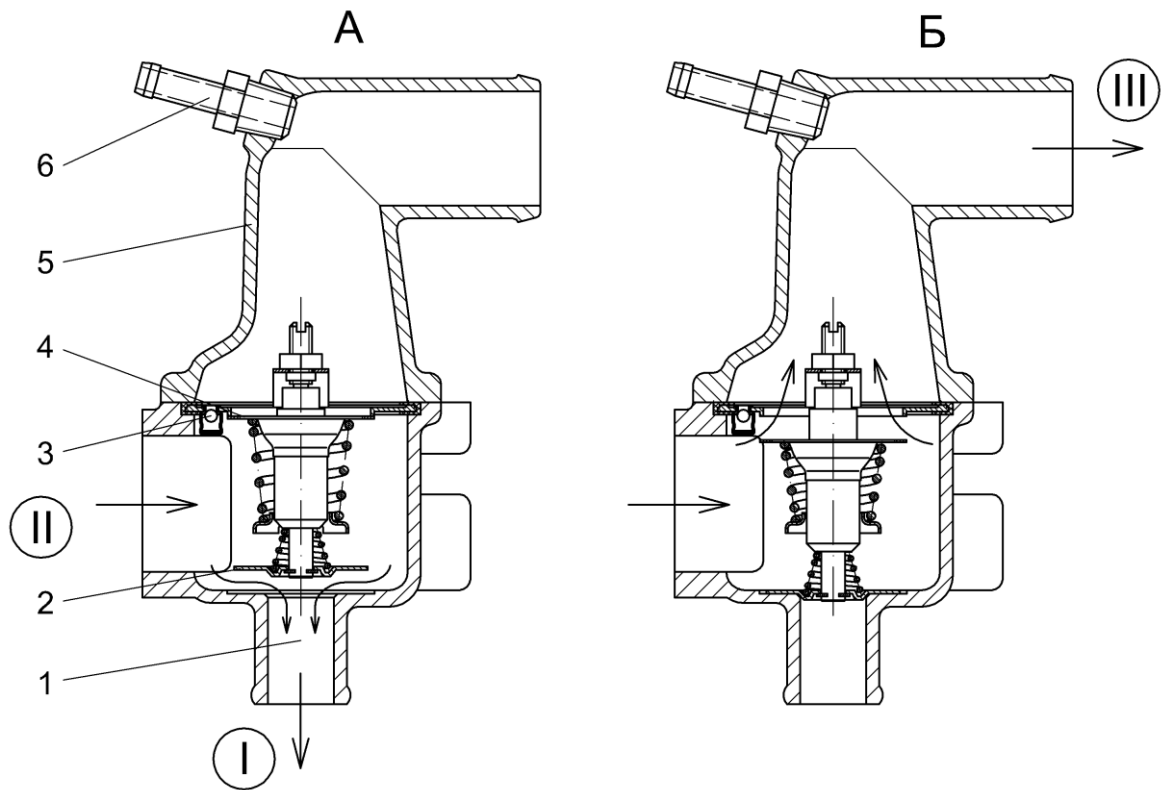


Рисунок 4.3 Схема работы термостата:

А - термостат закрыт; Б - термостат открыт; I - в водяной насос; II - из рубашки охлаждения головки цилиндров; III - в радиатор; 1 - перепускной патрубков; 2 - перепускной клапан; 3 - дренажный клапан; 4 - основной клапан; 5 - крышка термостата; 6 – штуцер

При температуре плюс  $97 \pm 2$  °С основной клапан открыт полностью на величину не мене 8,5 мм, перепускной клапан при этом закрыт и вся охлаждающая жидкость циркулирует через радиатор по большому кругу.

Во фланце термостата выполнено отверстие с автоматическим дренажным клапаном 3. Отверстие служит для выхода воздуха при заправке системы охлаждения. При работе двигателя водяной насос создает давление жидкости, под действием которого шарик клапана поднимается и закрывает отверстие, препятствуя утечке жидкости в радиатор.

#### 4.4. Методика проведения работы

1. Студенты разбирают и измеряют геометрические и конструктивные параметры, изучают конструкцию и исследуют

работу составных частей системы охлаждения двигателя под наблюдением преподавателя или учебного мастера (лаборанта) в соответствии с требованиями методических указаний.

2. Материальное обеспечение: двигатель, установленный на поворотном стенде, составные части жидкостной системы охлаждения (радиатор, водяной насос, жалюзи радиатора, вентилятор с муфтой отключения); установка для исследования работы паровоздушного клапана и термостата; комплект инструмента и приспособлений для разборки и сборки составных частей.
3. При выполнении работы студенты должны соблюдать общие правила по охране труда и пожарной безопасности, разработанные и утвержденные кафедрой для лаборатории конструкции автомобилей.
4. В процессе выполнения работы студенты детально изучают жидкостную систему охлаждения двигателя и определяют основные ее параметры (исследуют составляющие системы охлаждения, чертят схему составных частей) исследуют работу паровоздушного клапана и термостата.

#### Порядок выполнения работы:

- 1) перед началом работы необходимо убедиться в надежности крепления двигателя на стенде и комплектности оборудования, получить у учебного мастера приспособления, инструмент и плакаты;
- 2) изучить общую схему и работу жидкостной системы охлаждения заданного двигателя;
- 3) снять с двигателя составные части системы охлаждения, изучить их конструкцию и работу, определить основные параметры элементов системы охлаждения. Необходимые данные записать в табл. 1;
- 4) вычертить эскизы и схемы составных частей системы охлаждения;
- 5) после выполнения лабораторной работы оформленный черновик отчета предъявить преподавателю для проверки полученных результатов;
- 6) после проверки отчета и получения разрешения преподавателя собрать двигатель и составные части системы охлаждения,

привести в порядок рабочее место, и сдать учебному мастеру (лаборанту) приспособления, инструмент, плакаты.

Таблица 5.1.

Основные параметры системы охлаждения двигателя  
ЗМЗ -40524.10

Параметры	Результаты работы
Тип системы охлаждения	
Емкость системы охлаждения $Q_{ж}$ , дм <sup>3</sup>	
Составные части системы охлаждения	
Тип радиатора	
Паровоздушный клапан:	
давление открытия парового клапана $P_n$ , мПа	
температура, при которой открывается паровой клапан, $T_n$ , °С	
давление открытия воздушного клапана, $P_v$ , МПа	
температура, при которой открывается воздушный клапан, $T_v$ , °С	
Тип термостата	
Температура антифриза, °С:	
начала открытия клапана термостата, $T_k$	
полного открытия клапана термостата, $T_{нк}$	
полного закрытия термостата, $T_{зк}$	
Высота подъема клапана термостата, $h_m$ , мм	
Состав наполнителя термостата	
Способы регулирования температуры жидкости:	
автоматический	
ручной	
Способ подвода охлаждающей	

жидкости к наиболее нагретым деталям двигателя	
Нормальный температурный режим двигателя, $T_n, ^\circ\text{C}$	
Марка применяемого антифриза (тосола)	
Состав антифриза	
Температура застывания антифриза, $T_a, ^\circ\text{C}$	
Тип и место расположения водяного насоса	
Составные части водяного насоса	
Способ отключения лопастей вентилятора	
Способ управления створками жалюзи	

#### 4.6 Задание для самоподготовки

1. Ознакомиться с основными типами систем охлаждения автомобильных двигателей.
2. Изучить назначение и ознакомиться с принципиальными схемами и работой жидкостной системы охлаждения двигателя
3. Изучить назначение, принципиальные схемы и работу составных частей жидкостной системы охлаждения.
4. Изучить требования, предъявляемые к системе охлаждения и охлаждающим жидкостям согласно стандартам.
5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
6. Изучить методику выполнения контрольной работы и подготовить необходимые исходные данные и таблицы для записей результатов работы.

#### 4.7. Оформление отчета

1. После выполнения работы необходимо предварительно обработать Полученные результаты, вычертить схемы и эскизы составных частей и деталей системы охлаждения, заданных преподавателем. Оформить черновик отчета и в полном объеме

представить его преподавателю для проверки в конце лабораторных занятий.

2. В окончательном виде отчет в объеме 4-6 страниц должен быть оформлен в полном соответствии с требованиями методических указаний и содержать номер, название и цель работы, краткое содержание, результаты измерений, расчеты, таблицы, схемы составных частей, эскизы деталей и заключение.

### Контрольные вопросы

1. Назначение и типы систем охлаждения автомобильных двигателей.

2. Требования, предъявляемые к системам охлаждения их составным частям и охлаждающим жидкостям согласно стандартам.

3. Схема и принцип работы жидкостной системы охлаждения двигателей.

4. Схемы и принцип работы составных частей системы охлаждения двигателя.

5. Основные достоинства и недостатки принудительной закрытого типа жидкостной системы охлаждения.

6. Схемы и принцип работы систем, автоматически регулирующих температуру двигателя.

## Лабораторная работа №5

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ  
СМАЗКИ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

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

Задачи работы: изучение конструкции и работы системы смазки работы масляного насоса, масляного фильтра, термодопускного клапана.

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

- знать основные принципы работы смазочной системы современных двигателей;
- уметь самостоятельно осваивать основные конструктивные элементы составляющей смазочной системы;
- приобрести практические навыки обслуживания системы смазки современных двигателей внутреннего сгорания.

## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Система смазки большинства автотранспортных поршневых двигателей комбинированная, то есть подается к поверхностям трения как под давлением так и разбрызгиванием.

Система смазки двигателей ЗМЗ 40524.10 с подачей масла к трущимся поверхностям под давлением, разбрызгиванием и автоматическим регулированием температуры масла термодопускным клапаном изображена на рисунке 5.1

Система смазки включает: масляный картер, масляный насос с приемным патрубком и редукционным клапаном, привод масляного насоса, масляные каналы в блоке цилиндров, головке цилиндров и коленчатом валу, полнопоточный масляный фильтр, стержневой указатель уровня масла, термодопускной клапан, крышку

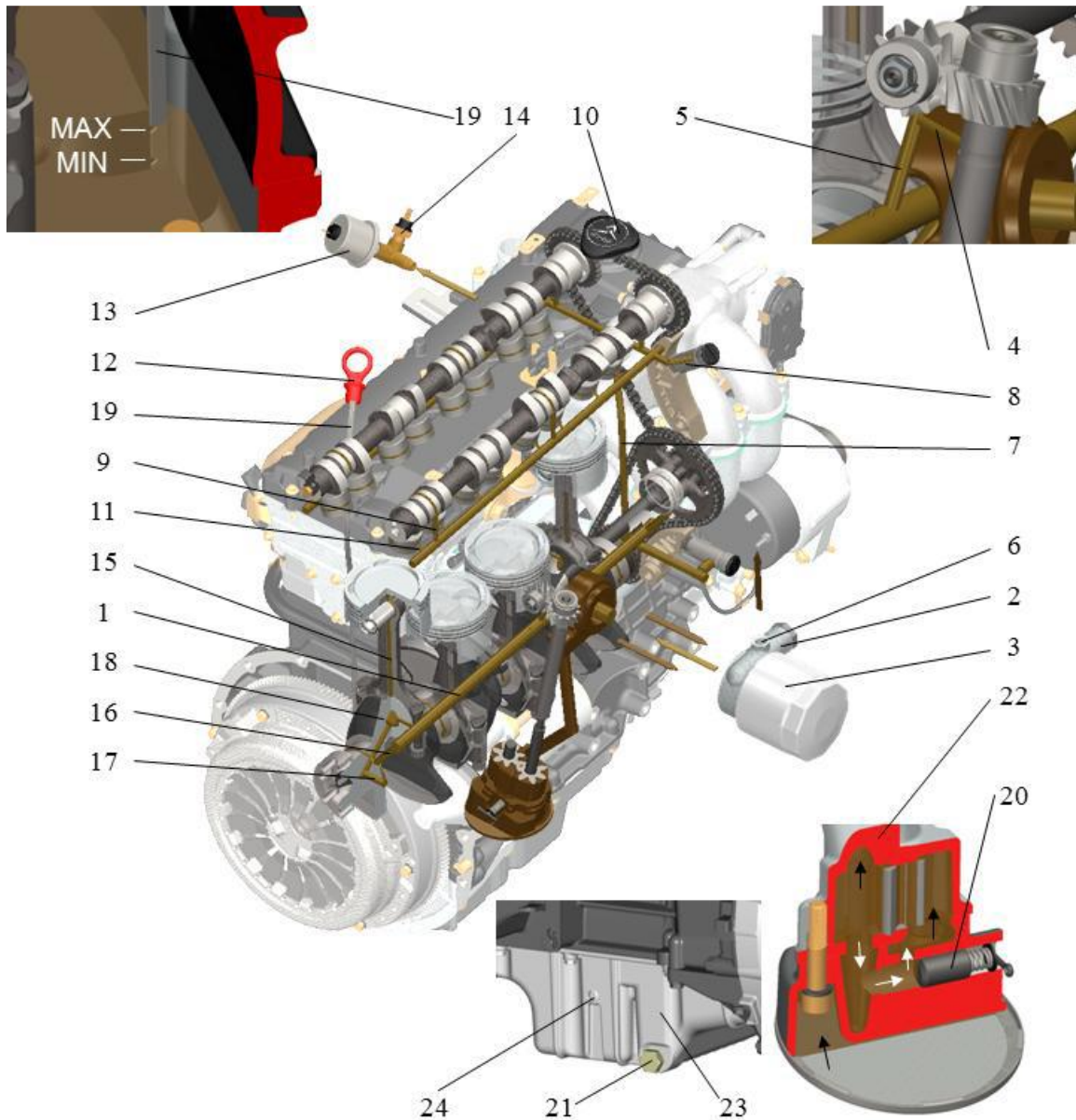


Рисунок 5.1. Схема системы смазки двигателя ЗМЗ-40524.10

1 – центральная масляная магистраль; 2 – термоклапан; 3 – масляный фильтр; 4, 5, 7, 9, 11, 15, 16, 17 – каналы подачи масла; 6 – отверстие термоклапана отвода масла в радиатор; 8 – верхний гидронатяжитель цепи; 10 – крышка маслосливного патрубка; 12 – рукоятка стержневого указателя уровня масла; 13 – датчик указателя давления масла; 14 – датчик сигнализатора аварийного давления масла; 18 – коленчатый вал; 19 – стержневой указатель уровня масла; 20 – редукционный клапан масляного насоса; 21 – пробка сливного отверстия масляного картера; 22 – масляный насос; 23 – масляный картер; 24 – отверстие возврата масла из масляного радиатора



маслоналивной горловины, пробку слива масла и датчики указателя и сигнализатора давления масла.

Циркуляция масла происходит следующим образом. Насос 22 засасывает масло из картера 23 и по каналу в блоке подводит его к термоклапану 2.

При давлении масла  $4,6 \text{ кгс/см}^2$  происходит открытие редуционного клапана 20 масляного насоса и перепуск масла обратно в зону всасывания насоса, благодаря чему уменьшается рост давления в системе смазки. Максимальное давление масла в системе смазки –  $6,0 \text{ кгс/см}^2$

При давлении масла выше  $0,7...0,9 \text{ кгс/см}^2$  и температуре выше  $81 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  термоклапан начинает открывать проход потоку масла в радиатор, отводимый через штуцер 9. Температура полного открытия канала термоклапана –  $109 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Охлажденное масло из радиатора возвращается в масляный картер через отверстие 22. После термоклапана масло поступает к полнопоточному масляному фильтру 6.

Очищенное масло из фильтра поступает в центральную масляную магистраль 1 блока цилиндров, откуда через каналы 16 подводится к коренным подшипникам коленчатого вала, через каналы 5 к подшипникам промежуточного вала, через каналы 4 к верхнему подшипнику валика привода масляного насоса и также к гидронатяжителю нижней цепи привода распределительных валов.

От коренных подшипников масло через внутренние каналы 17 коленчатого вала 18 подводится к шатунным подшипникам и от них через каналы 15 в шатунах подается для смазки поршневых пальцев. Для охлаждения поршня масло через отверстие в верхней головке шатуна разбрызгивается на днище поршня.

От верхнего подшипника валика привода масляного насоса масло через поперечные сверления и внутреннюю полость валика подается для смазки нижнего подшипника валика и опорной поверхности ведомой шестерни привода. Шестерни привода масляного насоса смазываются струей масла, разбрызгиваемой через отверстие в центральной масляной магистрали.

Из центральной масляной магистрали масло через канал 7 блока цилиндров поступает в головку цилиндров, где по каналам 9 подводится к опорам распределительных валов, по каналам 11 к гидротолкателям, и также к гидронатяжителю 8 верхней цепи привода распределительных валов.

Вытекая из зазоров и стекая в масляный картер в передней части головки цилиндров, масло попадает на цепи, башмаки и звездочки привода распределительных валов.

Контроль за давлением масла осуществляется датчиком давления 13 и указателем на щитке приборов. Кроме того, система снабжена датчиком аварийного давления масла 14 и сигнализатором аварийного давления масла. Сигнализатор аварийного давления масла загорается при давлении масла ниже 40...80 кПа (0,4...0,8 кгс/см<sup>2</sup>). Датчики давления ввернуты в штуцер, установленный в масляный канал головки цилиндров.

Масляный насос (рис.5.2) - шестеренчатого типа, установлен внутри масляного картера, крепится с прокладкой двумя болтами к блоку цилиндров и держателем к крышке третьего коренного подшипника.

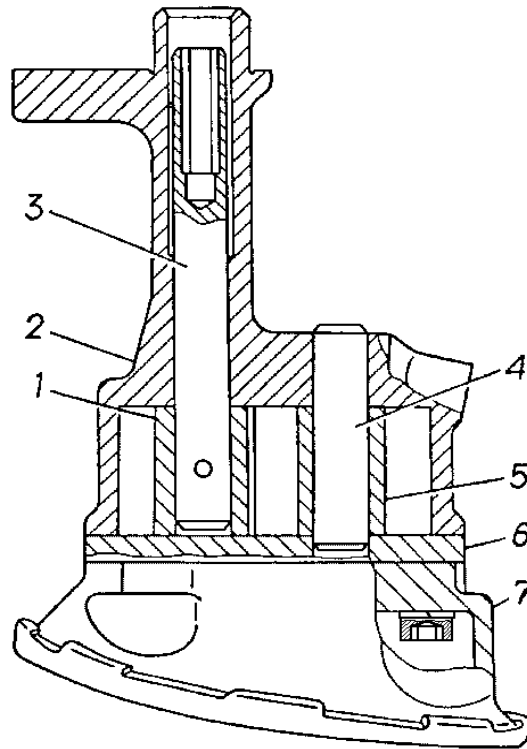


Рисунок 5.2. Масляный насос:

1 - ведущая шестерня; 2 - корпус; 3 - валик; 4 - ось; 5 - ведомая шестерня; 6 - перегородка; 7 -приемный патрубок с сеткой и редукционным клапаном

Ведущая шестерня 1 неподвижно закреплена на валике 3 с помощью штифта, а ведомая 5 свободно вращается на оси 4, запрессованной в корпусе 2 насоса. На верхнем конце валика 3 сделано шестигранное отверстие, в которое входит шестигранный валик привода масляного насоса.

Центрирование ведущего валика насоса осуществляется благодаря посадке цилиндрического выступа корпуса насоса в отверстии блока цилиндров.

Корпус насоса отлит из алюминиевого сплава, перегородка 6 и шестерни изготовлены из металлокерамики. К корпусу тремя винтами крепится литой из алюминиевого сплава приемный патрубок 7 с сеткой, в котором установлен редукционный клапан.

**Редукционный клапан** (рис.5.3) – плунжерного типа, расположен в приемном патрубке масляного насоса. Плунжер клапана стальной, для увеличения твердости и износостойкости наружной рабочей поверхности подвергнут нитроцементации.

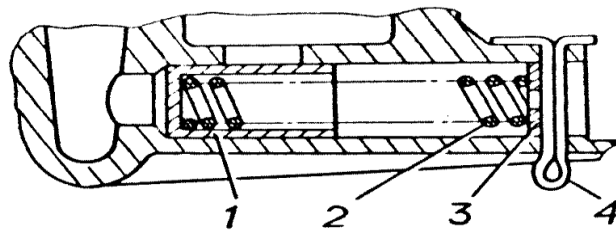


Рисунок 5.3. Редукционный клапан

1 - плунжер; 2 - пружина; 3 - шайба; 4 - шплинт

Под пружиной плунжера могут устанавливаться одна или две шайбы 3. Удалять установленные шайбы запрещается, поскольку это приведет к изменению давления открытия редукционного клапана.

**Привод масляного насоса** (рис.30) осуществляется парой винтовых шестерен от промежуточного вала 1 привода распределительных валов.

На промежуточном валу с помощью сегментной шпонки 3 установлена и закреплена фланцевой гайкой ведущая шестерня 2. Ведомая шестерня 7 напрессована на валик 8, вращающийся в расточках блока цилиндров. В верхнюю часть ведомой шестерни запрессована стальная втулка 6, имеющая внутреннее шестигранное отверстие. В отверстие втулки вставляется шестигранный

валик 9, нижний конец которого входит в шестигранное отверстие валика масляного насоса.

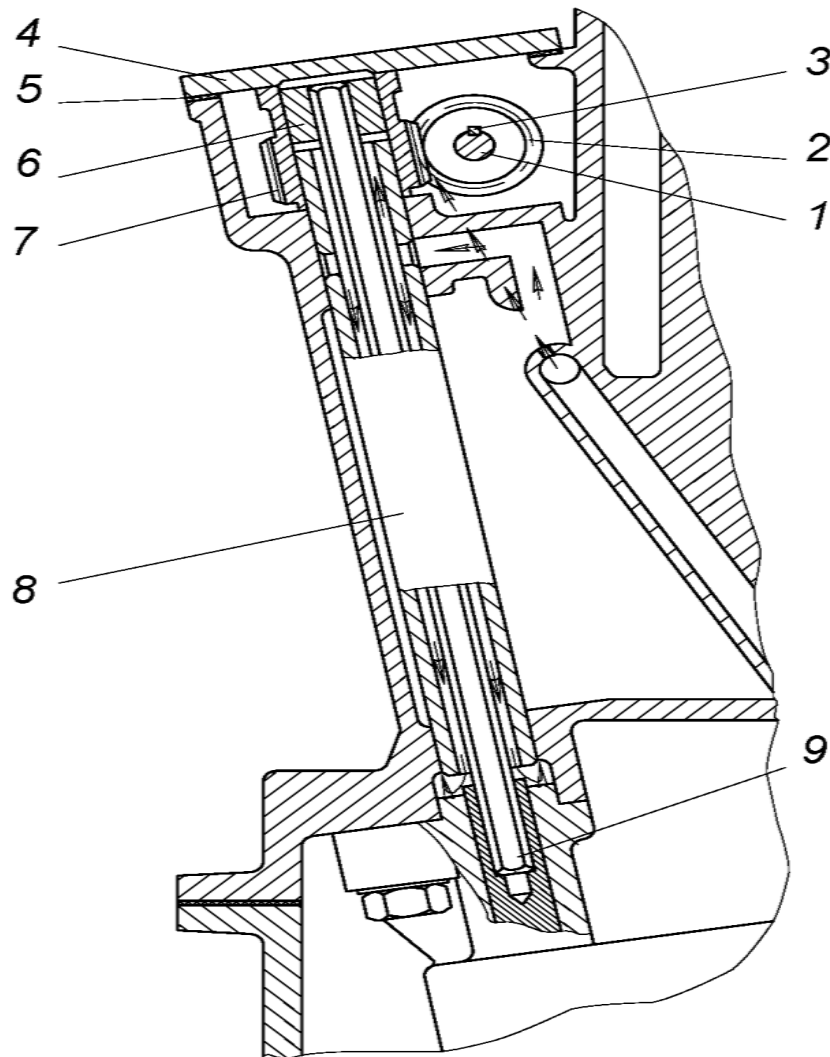


Рисунок 5.4. Привод масляного насоса:

1 - промежуточный вал; 2 - ведущая шестерня; 3 - шпонка; 4 - крышка; 5 - прокладка; 6 - втулка; 7 - ведомая шестерня; 8 - валик; 9 - шестигранный валик привода масляного насоса

На двигатель (рис.5.5) устанавливается полнопоточный масляный фильтр тонкой очистки неразборной конструкции.

Фильтр очистки масла работает следующим образом: масло через отверстия в крышке 7 под давлением подается в полость между наружной поверхностью основного фильтрующего элемента 5 и корпусом 2, проходит через фильтрующую штору элемента 5,

очищается и попадает через центральное отверстие крышки 7 в центральную масляную магистраль.

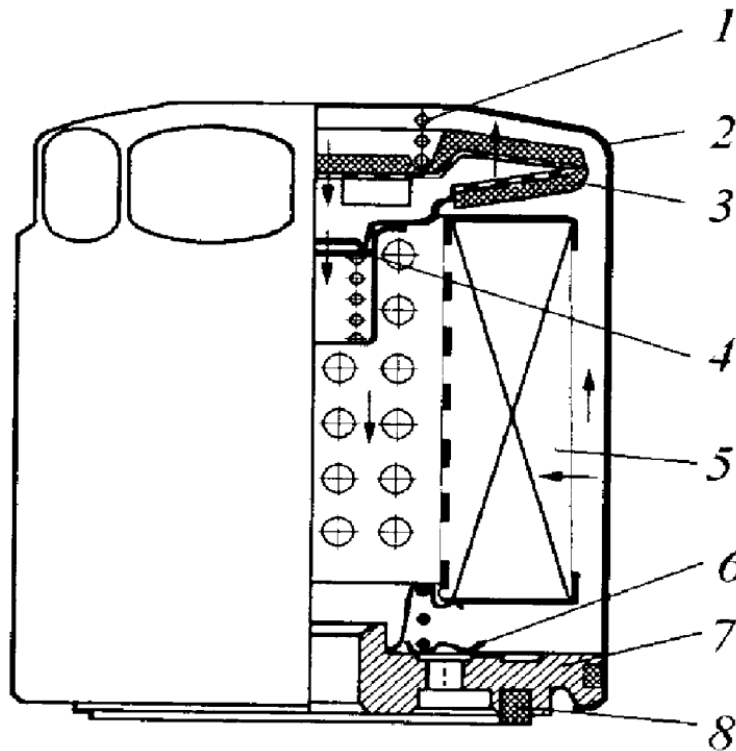


Рисунок 5.5 Масляный фильтр:

1 – пружина; 2 – корпус; 3 – фильтрующий элемент перепускного клапана; 4 – перепускной клапан; 5 – основной фильтрующий элемент; 6 – противодренажный клапан; 7 – крышка; 8 – прокладка.

Фильтр очистки масла работает следующим образом: масло через отверстия в крышке 7 под давлением подается в полость между наружной поверхностью основного фильтрующего элемента 5 и корпусом 2, проходит через фильтрующую штору элемента 5, очищается и попадает через центральное отверстие крышки 7 в центральную масляную магистраль.

При предельном загрязнении основного фильтрующего элемента или холодном пуске, когда масло очень густое и с трудом проходит через основной фильтрующий элемент, открывается перепускной клапан 4 и масло в двигатель проходит, очищаясь фильтрующим элементом 3 перепускного клапана.

Противодренажный клапан 6 препятствует вытеканию масла из фильтра при стоянке автомобиля и последующему «масляному голоданию» при пуске.

Термоклапан (рис.5.6) – предназначен для автоматического регулирования подачи масла в масляный радиатор в зависимости от температуры масла и его давления. На двигателе термоклапан установлен между блоком цилиндров и масляным фильтром

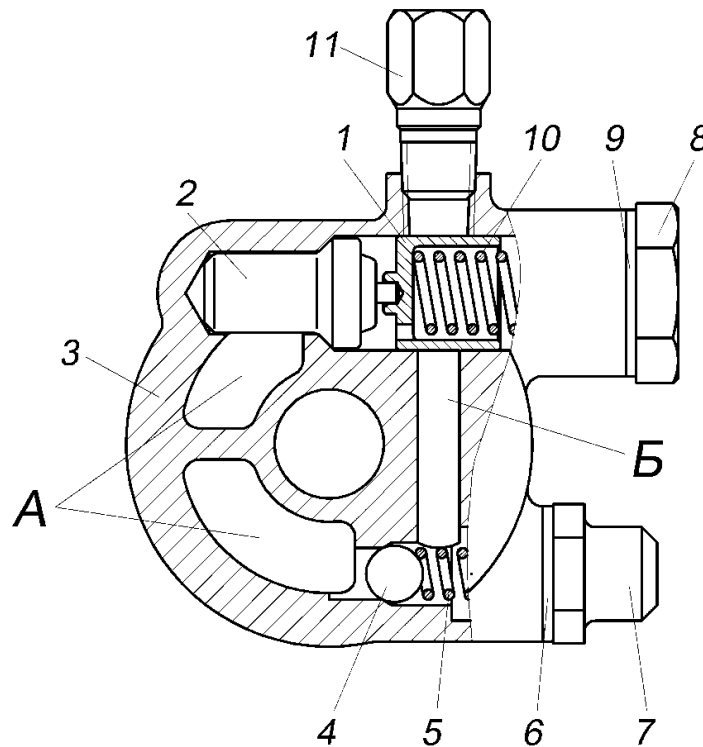


Рисунок 5.6 Термоклапан

1 – плунжер; 2 – термосилового датчик; 3 – корпус термоклапана; 4 – шарик; 5 – пружина шарикового клапана; 6 – прокладка; 7, 8 – пробка; 9 – прокладка; 10 – пружина плунжера; 11 – штуцер

В алюминиевом корпусе 3 термоклапана расположены предохранительный клапан, состоящий из шарика 4 и пружины 5, и перепускной клапан, состоящий из плунжера 1, управляемого термосиловым датчиком 2, и пружины 10. Клапаны закрыты резьбовыми пробками 7 и 8 с уплотнительными прокладками 6 и 9. Шланг подачи масла в радиатор подсоединяется к штуцеру 11.

#### Контрольные вопросы

1. Назначение системы смазки автомобильных двигателей.
2. Тип и принцип работы масляного насоса.
3. Привод масляного насоса.
4. Редукционный клапан, назначение и принцип работы.

5. Масляный фильтр, назначение, устройство принцип работы.
6. Назначение и принцип работы термодатчика.

## Лабораторная работа №6

# ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ ФОРСУНКИ И СЕКЦИИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении топливной системы дизельных двигателей.

Задачи работы: изучение конструкции и работы форсунки и секции топливного насоса высокого давления

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

- знать основные принципы работы форсунки и плунжерной пары дизельных двигателей;
- уметь самостоятельно осваивать основные конструктивные элементы топливной системы дизелей;
- приобрести практические навыки изучения конструкций топливной системы дизелей.

## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Дизели - двигатели с внутренним смесеобразованием. В цилиндры дизеля воздух и топливо подаются отдельно и, смешиваясь с отработанными газами, образуют рабочую смесь. Процесс смесеобразования совершается за очень маленькое время (порядка 0,001 с).

Топливо для дизелей имеет следующие основные марки:

Л- летнее топливо, предназначено для работы двигателя при температуре окружающего воздуха выше 0<sup>0</sup>С;

З - зимнее предназначено для работы двигателя при температуре окружающего воздуха от 0<sup>0</sup>С до - 30<sup>0</sup> С;

А - арктическое зимнее предназначено для работы двигателя при температуре окружающего воздуха ниже - 30<sup>0</sup> С.

Температура замерзания дизельного топлива должна быть на 10<sup>0</sup>....15<sup>0</sup>С ниже температуры окружающего воздуха.



Температура воспламенения дизельного топлива составляет 3000...3500°С.

Система питания дизеля состоит из трех следующих систем: питания топливом, питания воздухом и выпуска отработавших газов.

На рисунке 6.1 изображена схема питания дизеля топливом.

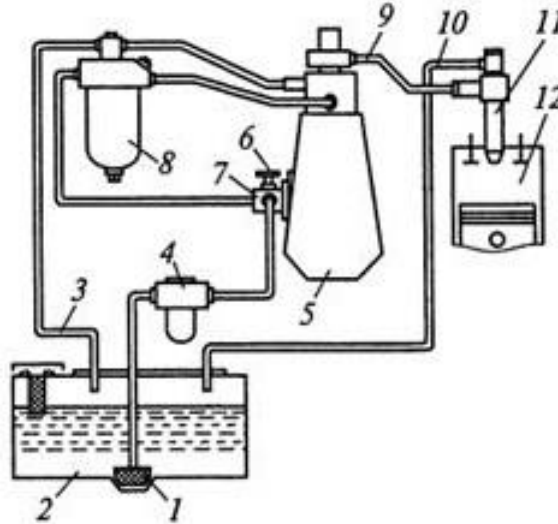


Рис.6.1 Схема питания дизельного двигателя топливом.

1- топливopриемник; 2- бак; 3,9,10 - топливопроводы; 4,8 - фильтры; 5,7 - насосы; 6- рукоятка; 11 форсунка; 12 - цилиндр двигателя.

В систему входит топливный бак, фильтры грубой и тонкой очистки, топливоподкачивающий насос, топливный насос высокого давления, форсунки и топливопроводы.

Топливоподкачивающий насос 7 засасывает топливо из бака 2 через фильтры грубой 4 и тонкой 8 очистки и направляет его к насосу высокого давления 5. В соответствии с порядком работы цилиндров двигателя насос высокого давления подает топливо к форсункам 11, которые распыляют и впрыскивают топливо в цилиндры двигателя.

Топливный насос высокого давления (ТНВД) служит для подачи топлива через форсунки, в цилиндры двигателя под большим давлением (20...50 МПа).требуемых порций топлива в определенные моменты времени. Насос состоит из одинаковых по конструкции секций, число которых равно числу цилиндров

двигателя. Каждая секция насоса соединена топливопроводом 13 с форсункой 16. (Рис. 6.2)

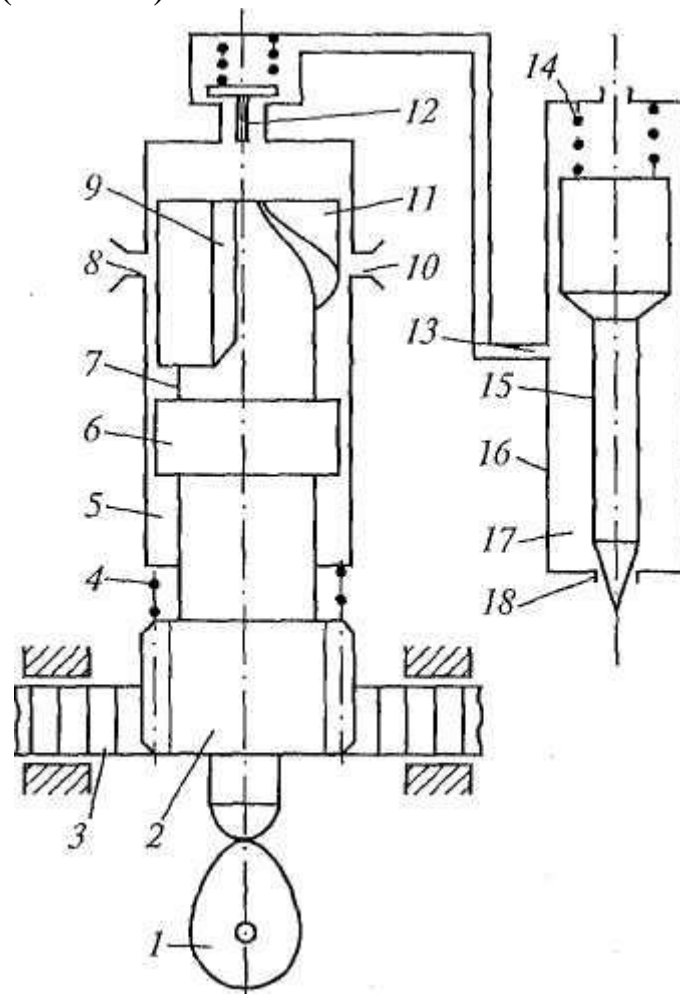


Рис 6.2. Схема подачи топлива в цилиндр дизеля.

1- эксцентрик (кулачек ТНВД); 2- шестерня; 3 - рейка; 4, 14 - пружины; 5 - гильза; 6 - плунжер; 8,10 - отверстия; 9 - паз; 11 - кромка ; 12 - клапан; 13 - топливопровод; 15 - игла; 16 - форсунка; 17 - полость; 18 - сопло.

Плунжер 6 и гильза 5 изготовлены с высокой точностью и чистотой сопрягаемых поверхностей. Зазор в паре составляет не превышает двух микрон. На плунжере имеется вертикальный паз 9, скошенная кромка 11, и кольцевая проточка 7 . Шестерня 2 закреплена на плунжере и находится в зацеплении с зубчатой рейкой 3. При перемещении рейки плунжер проворачивается в гильзе. Пружина 4 прижимает плунжер к эксцентрику 1 кулачкового вала насоса высокого давления который приводится во вращение от коленчатого вала двигателя. В гильзе имеется впускное 8 и выпускное 10 отверстия. в верхней части установлен

нагнетательный клапан 12. Пружина 14 прижимает иглу 15 форсунки к соплу 18 и закрывает полость 17 которая заполнена топливом. При нижнем положении плунжера 6 отверстия 8 и 10 открыты и через них над плунжером циркулирует топливо. Нагнетательный клапан 12 закрыт, и в полости форсунки поддерживается избыточное давление.

При движении плунжера 6 вверх при вращении кулачка перекрывается выпускное отверстие 10 а затем впускное отверстие 8. Под давлением топлива открывается клапан 12 и в полости 17 форсунки создается высокое давление. При этом игла форсунки преодолевает сопротивление пружины 14, поднимается вверх через открывшееся сопло 18 топливо впрыскивается в цилиндр двигателя.

Впрыск топлива заканчивается, когда кромка 11 открывает выпускное отверстие 10. При этом давление топлива уменьшается, игла 15 опускается вниз и закрывается клапан 12 и в полости 17 форсунки остается топливо под избыточным давлением.

Поворотом плунжера 6 в гильзе 5 изменяют конец подачи топлива и его количество, которое впрыскивается за один ход плунжера. Подача топлива прекращается при совмещении вертикального паза 9 с выпускным отверстием 10 и двигатель останавливается.

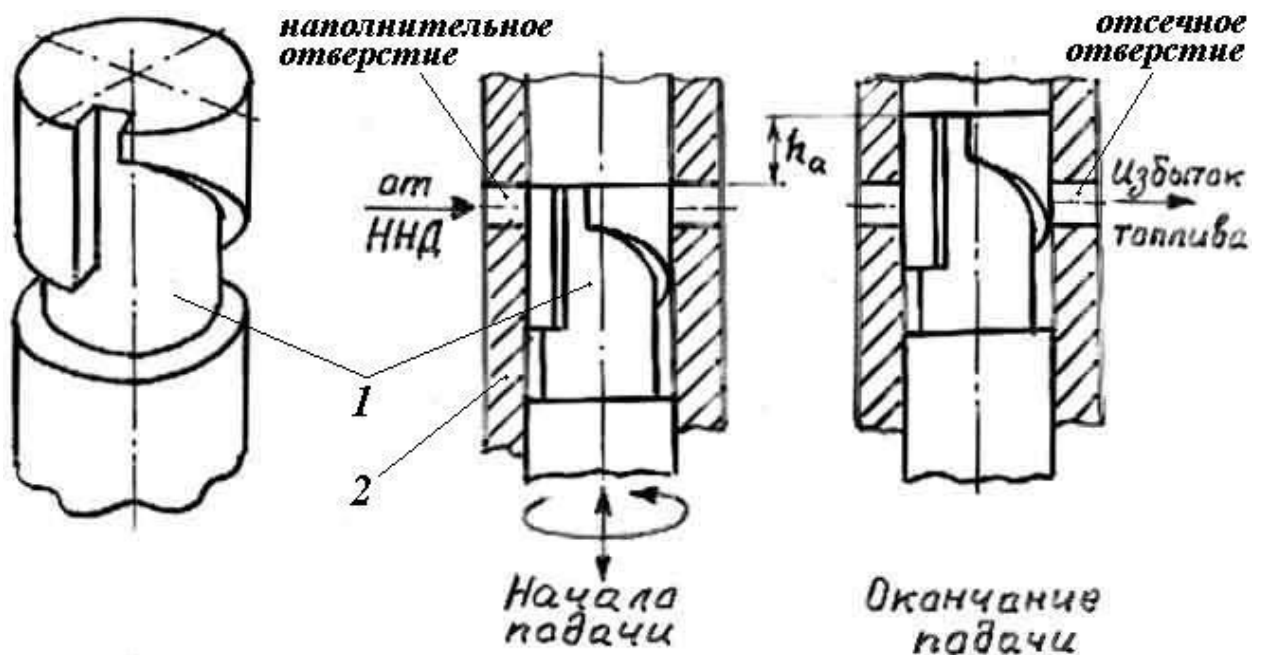


Рис 6.3 Схема для определения объема топлива за 1 ход плунжера.

Количество топлива, поданное 1 секцией за один ход плунжера определяется ходом плунжера  $h_a$  которое он прошел до отсечной кромки помноженное на площадь сечения плунжера в его верхней части.

Форсунки служат для впрыскивания топлива под определенным давлением и распыления топлива в цилиндре.

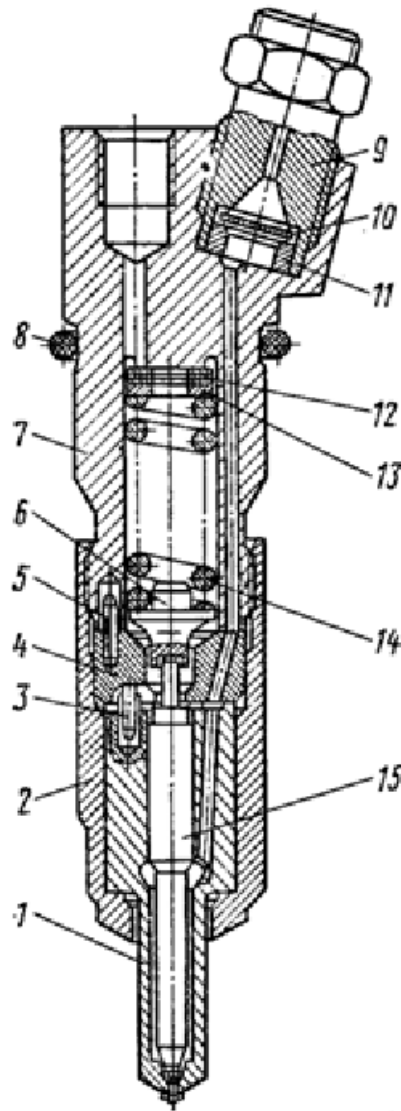


Рис. 6.4 Форсунка.

1 - корпус распылителя; 2 - гайка распылителя; 3 и 5 - установочные штифты; 4 - проставка, 6 - штанга; 7 - корпус; 8 - уплотнительное кольцо; 9 - штуцер; 10 - фильтр; 11 - уплотнительная втулка; 12 и 13 - регулировочные шайбы; 14 - пружина; 15 - игла распылителя.

Корпус распылителя 1 форсунки соединены гайкой 2. внутри распылителя находится игла 15 закрывающая сопловые отверстия.

На иглу через штангу 6 действует нажимная пружина 14 затяжку которой регулирую шайбами 12 и 13.

Топливо к распылителю подается через сетчатый фильтр 10 и поступает в полость иглы 15. Под давлением топлива на поверхность конуса иглы, преодолевая усилие пружины 14 игла перемещается вверх и открывает сопловые отверстия распылителя. Через них топливо впрыскивается в цилиндр двигателя. бесштифтовый распылитель форсунки дизельного двигателя показан на рис 6.5.

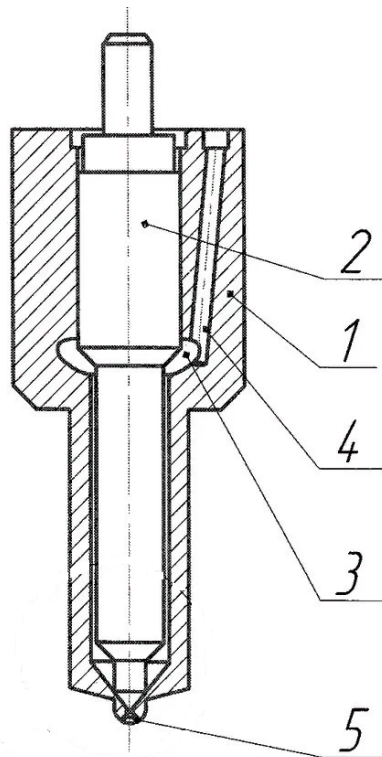


Рис. 6.5 Распылитель

1 - корпус распылителя; 2 - игла распылителя; 3 - полость корпуса распылителя; 4 - топливоподводящий канал; 5 сопловые отверстия.

### 3. ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Лабораторная установка состоит из макета секции топливного насоса дизельного двигателя, макета форсунки дизельного двигателя, плакатов по системе питания дизельного двигателя.

### 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть методических указаний.

2. Получить макеты форсунки и секции топливного насоса высокого давления.
3. Изучить с помощью макетов кинематику движения плунжера секции топливного насоса высокого давления и работу форсунки дизеля.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями методических указаний к лабораторным работам и содержать схемы и эскизы. Схема питания дизельного двигателя топливом, схема подачи топлива в цилиндр дизеля, схему распылителя.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в топливную систему дизеля.
2. Принцип работы плунжерной пары.
3. Как дозируют количество подаваемого топлива в цилиндр дизеля.
4. Зачем необходим клапан нагнетательный секции топливного насоса высокого давления.
5. Как работает форсунка?
6. Как работает распылитель форсунки дизеля

## Лабораторная работа №7

# ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА Common Rail.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении современной топливной системы дизелей.

Задачи работы: изучение конструкции и работы топливной системы Common Rail.

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

- знать основные принципы работы топливной системы современных дизельных двигателей;
- уметь самостоятельно изучать основные конструктивные элементы топливной системы дизелей;
- приобрести практические навыки изучения конструкций современных дизельных двигателей.

## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Дизели - двигатели с внутренним смесеобразованием. Процесс смесеобразования в современных дизелях совершается за очень маленькое время (порядка 0,001 с). Важным является точное дозирование и управление впрыском. Например, дизельный двигатель мощностью 102 л.с. и удельным расходом топлива 200 г/квт\*час при полной нагрузке расходует 15 Кг топлива в час. В четырехтактном четырехцилиндровом двигателе это количество распределяется при 2400 оборотах в минуту на 288000 впрыскиваний. Отсюда объем топлива за одно впрыскивание составляет 60 мм<sup>3</sup>. Для сравнения дождевая капля достигает объема до 30 мм<sup>3</sup>. Еще большей точности дозировки требует холостой ход - около 5 мм<sup>3</sup>. топлива за одно впрыскивание. Даже минимальное отклонение от этих значений отрицательно влияют на плавность хода, шумность и образование выбросов вредных веществ с

отработанными газами. Точное дозирование должно выполняться системой впрыска как для одного цилиндра, так и при равномерном распределении топлива по отдельным цилиндрам двигателя. В электронной системе управления дизелем цикловая подача топлива регулируется по каждому цилиндру для достижения равномерного хода двигателя.

Современные дизельные двигатели используют систему электронного управления впрыскиванием топлива, известную как High-Pressure Common Rail (HPCR) или Аккумуляторная система высокого давления Common Rail.

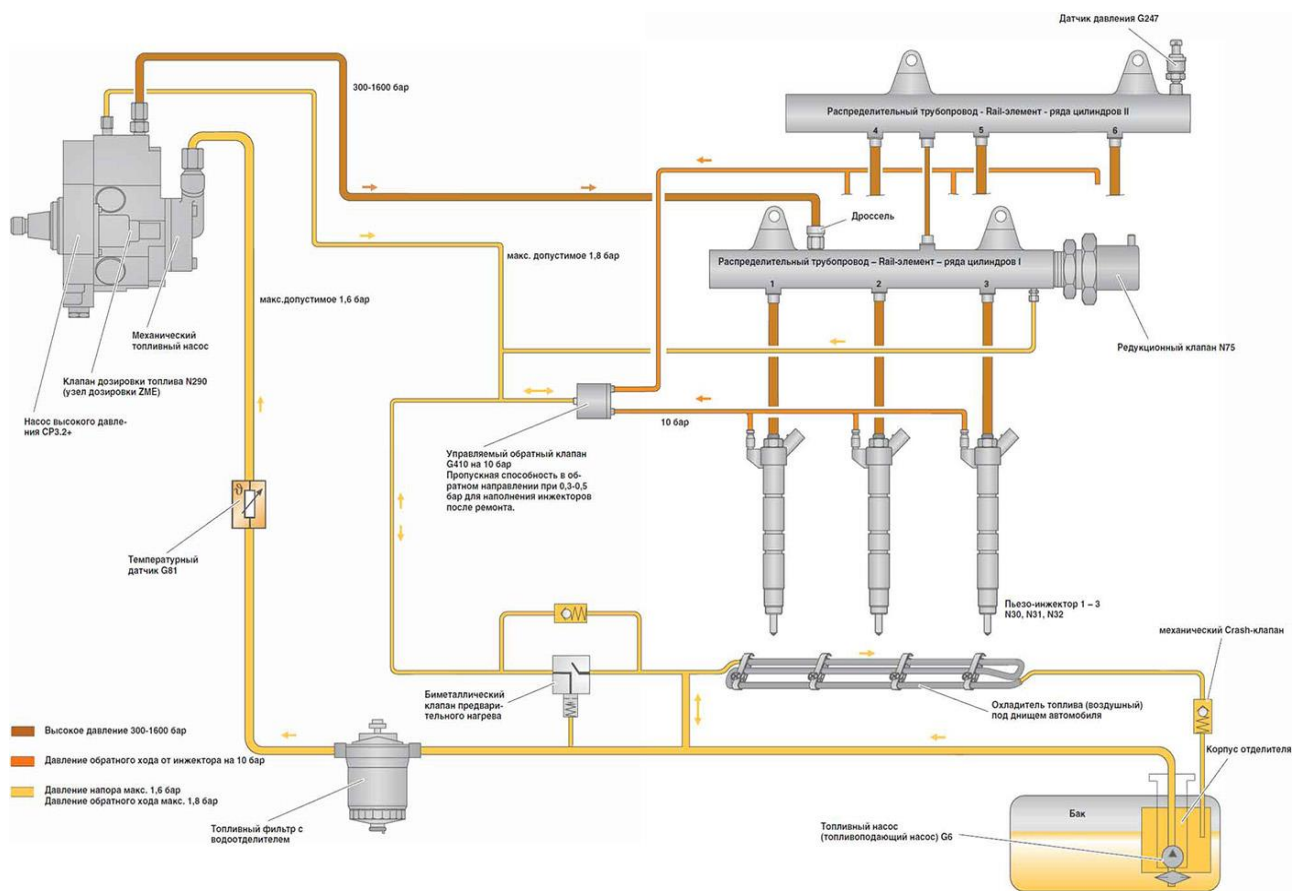


Рис. Принципиальная схема топливной системы впрыска типа Common Rail дизельного двигателя V-8

Дизельное топливо под высоким давлением, составляющим от 135 МПа (1350 кг/см<sup>2</sup> – I поколение) до 250 МПа (2500 кг/см<sup>2</sup> IV поколение), создаваемое топливным насосом высокого давления (ТНВД), направляется к инжекторам, управление которых осуществляется электромагнитным клапаном (I, II и IV поколения) или пьезокристаллом (III поколение). Электронное управление



впрыскиванием топлива позволяет точно контролировать процесс воспламенения и горения топлива, обеспечивая наибольшую эффективность работы дизеля с наименьшим уровнем шума и эмиссии вредных веществ с выхлопными газами.

#### *Составные части форсунки.*

Топливоподающая форсунка дизельного двигателя представляет собой нормально закрытый гидравлический клапан. При открытии клапана топливо распыляется непосредственно в цилиндр двигателя, либо в предварительную камеру, выполненную в головке блока цилиндров. Топливоподающие форсунки устанавливаются посредством резьбы или зажимного устройства в головку блока цилиндров по одной на каждый из цилиндров, и могут заменяться как по одной, так и в комплекте. Распылитель (наконечник) форсунки, используемой для непосредственного впрыскивания топлива, снабжен множеством отверстий, через которые топливо подается в цилиндр двигателя.

Основные части форсунки дизельного двигателя включают в себя: Жаростойкий корпус. По сути, эта часть форсунки служит для крепления распылителя, и часто называется гайкой распылителя, поскольку имеет резьбовую часть, служащую для крепления распылителя к корпусу форсунки.

#### *Распылитель.*

Эта часть форсунки состоит из корпуса распылителя с отверстиями для распыления топлива, и игольчатого клапана (иглы распылителя), который пружиной прижат к корпусу распылителя, закрывая распыляющие отверстия.

#### *Игольчатый клапан распылителя.*

Эта тщательно подогнанная пара (прецизионная пара) составляют нормально закрытый игольчатый клапан, не позволяющий ни топливу, ни газам протекать через закрытые отверстия распылителя. Игольчатый клапан открывается давлением топлива, которое подается в распылитель либо секцией ТНВД, либо за счет перепада давления, формируемого электромагнитным клапаном по команде электронного блока управления дизелем

#### *Камера давления распылителя.*

Камера давления изготовлена в виде механически обработанной полости в корпусе распылителя, охватывающей иглу распылителя. Давление топлива, формируемое топливным насосом высокого давления, воздействует на буртик иглы, поднимая её

навстречу силе сжатия запирающей пружины. В этот момент топливо с высокой скоростью вытекает через отверстия распылителя, образуя облако распыленного топлива.

*Принцип работы электромагнитной форсунки*

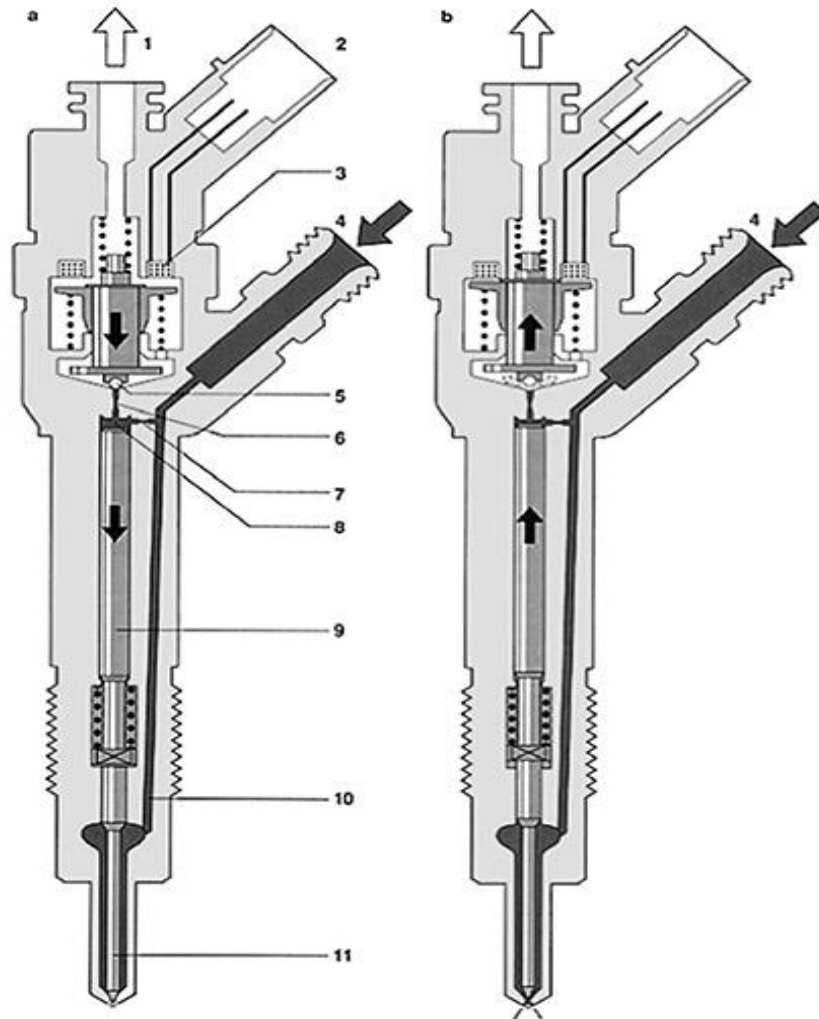


Рис. а - форсунка закрыта,  
 б - форсунка открыта (впрыск);

1 - возврат топлива, 2 - электрические выводы, 3 - электромагнитный клапан, 4 - вход топлива из аккумулятора, 5 - шариковый клапан, 6 - жиклер камеры гидроуправления, 7 - "питающий" жиклер, 8 - камера гидроуправления, 9 - управляющий плунжер, 10 - канал к распылителю, 11 - игла форсунки.

Работа форсунки может быть разделена на четыре рабочих стадии при работающем двигателе и создании высокого давления ТНВД:

- форсунка закрыта с приложенным высоким давлением;
- форсунка открывается (начало впрыска);
- форсунка полностью открыта;
- форсунка закрывается (конец впрыска).

Топливо в форсунку Common rail подается через входной штуцер высокого давления (4) и далее в канал (10) и камеру гидроуправления (8) через жиклер (7). Камера гидроуправления соединяется с линией возврата топлива (1) через жиклер камеры гидроуправления 6, который открывается электромагнитным клапаном. При закрытом жиклере (6) силы гидравлического давления, приложенные к управляющему плунжеру (9), превосходят силы давления, приложенные к заплечик иглы (11) форсунки. В результате игла садится на седло и закрывает проход топлива под высоким давлением в камеру сгорания. При подаче пускового сигнала на электромагнитный клапан жиклер (6) открывается, давление в камере гидроуправления падает, и в результате сила гидравлического давления на управляющий плунжер также уменьшается. Поскольку сила гидравлического давления на управляющий плунжер оказывается меньше силы, действующей на заплечик иглы форсунки, последняя открывается, и топливо через сопловые отверстия впрыскивается в камеру сгорания.

Такое косвенное управление иглой форсунки, использующее систему мультипликатора, позволяет обеспечить очень быстрый подъем иглы, что невозможно сделать путем прямого воздействия электромагнитного клапана. Так называемая "управляющая доза" топлива, необходимая для подъема иглы форсунки, является дополнительной по отношению к действительному количеству впрыскиваемого топлива, поэтому это топливо направляется обратно, в линию возврата топлива через жиклер камеры гидроуправления. Кроме "управляющей дозы" в линию возврата топлива и далее в топливный бак также выходят утечки через направляющие иглы форсунки. К коллектору линии возврата топлива также подсоединяются предохранительный клапан (ограничитель давления) аккумулятора и редукционный клапан ТНВД.

Эти рабочие стадии являются результатом действия сил, приложенных к деталям форсунки. При остановленном двигателе и отсутствии давления в аккумуляторе форсунка закрыта под действием пружины.

**Форсунка закрыта** - При закрытой форсунке питание на электромагнитный клапан не подается (рис. а). При закрытом жиклере камеры гидроуправления пружина якоря прижимает шарик к седлу, высокое давление, подаваемое в камеру и к распылителю форсунки из аккумулятора, увеличивается. Таким образом, высокое давление, действующее на торец управляющего плунжера, вместе с усилием пружины держат форсунку закрытой, преодолевая силы давления в камере распылителя.

**Форсунка открывается** - Перед началом процесса впрыска, еще при закрытой форсунке, на электромагнитный клапан подается большой ток, что обеспечивает быстрый подъем шарикового клапана (рис. б). Шариковый клапан открывает жиклер камеры гидроуправления и, поскольку теперь электромагнитная сила превосходит силу пружины якоря, клапан остается открытым, и практически одновременно сила тока, подаваемого на обмотку электромагнитного клапана, уменьшается до тока, требуемого для удерживания якоря. Это возможно потому, что воздушный зазор для электромагнитного потока теперь уменьшается.

**При открытом жиклере** топливо может вытекать из камеры гидроуправления в верхнюю полость и далее по линии возврата топлива в бак. Давление в камере гидроуправления уменьшается, нарушается баланс давлений, и давление в камере распылителя, равное давлению в аккумуляторе, оказывается выше давления в камере гидроуправления. В результате сила давления, действующая на торец управляющего плунжера уменьшается, игла форсунки поднимается, и начинается процесс впрыска топлива. Скорость подъема иглы форсунки определяется разностью расходов через жиклер и сопловые отверстия.

Управляющий плунжер достигает верхнего упора, где остается, поддерживаемый "буферным" слоем топлива, образующимся в результате указанной выше разницы расходов через жиклер и сопловые отверстия. Игла форсунки теперь полностью открыта, и топливо впрыскивается в камеру сгорания под давлением, практически равным давлению в аккумуляторе. Распределение сил в форсунке подобно распределению в фазе

открытия. Форсунка закрывается (конец впрыска) Как только прекращается подача питания на электромагнитный клапан, пружина якоря перемещает его вниз, и шариковый клапан закрывается.

**Якорь состоит из двух частей**, поэтому, хотя тарелка якоря перемещается вниз заплечиком, она может оказывать противодействие возвратной пружиной, что уменьшает напряжения на якорь и шарик. Закрытие жиклера приводит к повышению давления в камере гидроуправления при поступлении в нее топлива через "питающий" жиклер (7). Это давление, равное давлению в аккумуляторе, действует на торец управляющего плунжера, и сила давления вместе с силой пружины преодолевают силу давления, действующую на заплечик иглы форсунки, которая закрывается. Скорость посадки иглы форсунки на седло, то есть скорость закрытия форсунки, определяется расходом через "питающий" жиклер. Впрыск топлива прекращается, как только игла форсунки садится на седло.

### 3. ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Лабораторная установка состоит из макета топливной системы Common Rail, макета форсунки дизельного двигателя, плакатов по системе питания дизельного двигателя.

### 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть методических указаний.
2. Изучить с помощью макетов и плакатов работу элементов изучения конструкции и работы топливной системы Common Rail.
3. Изучить принцип работы электромагнитной форсунки

### 5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями методических указаний к лабораторным работам и содержать схемы и эскизы. Схема топливной системы Common Rail, схему электромагнитной форсунки

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в топливную системы впрыска типа Common Rail?
2. Принцип работы топливной системы.
3. Как дозируют количество подаваемого топлива в цилиндр двигателя?
4. Как работает электромагнитная форсунка?

## Лабораторная работа №8

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТЕЙШЕГО МЕХАНИЗМА ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: расширить и углубить теоретические знания, полученные студентами при изучении элементов устройств автоматических коробок передач.

Задачи работы: изучение конструкции и работы планетарного механизма.

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

- знать основные типы передач, которые используются в современных автомобилях;

- уметь самостоятельно осваивать конструкции различных передач;

- приобрести практические навыки по элементарным расчетам и кинематики планетарной передачи.

## 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Схема элементарной планетарной передачи изображена на рисунке 4.1 Соответственно  $Z_a, Z_b, Z_c$ ; и  $n_a, n_b, n_c$ , - числа зубьев и частоты вращения шестерен А, В и С

Часто количество сателлитов в планетарных передачах равно трем, в дифференциале двум.

Управление планетарным механизмом осуществляют торможением соответствующих шестерен или водила с помощью ленточного или фрикционного механизма АКПП.

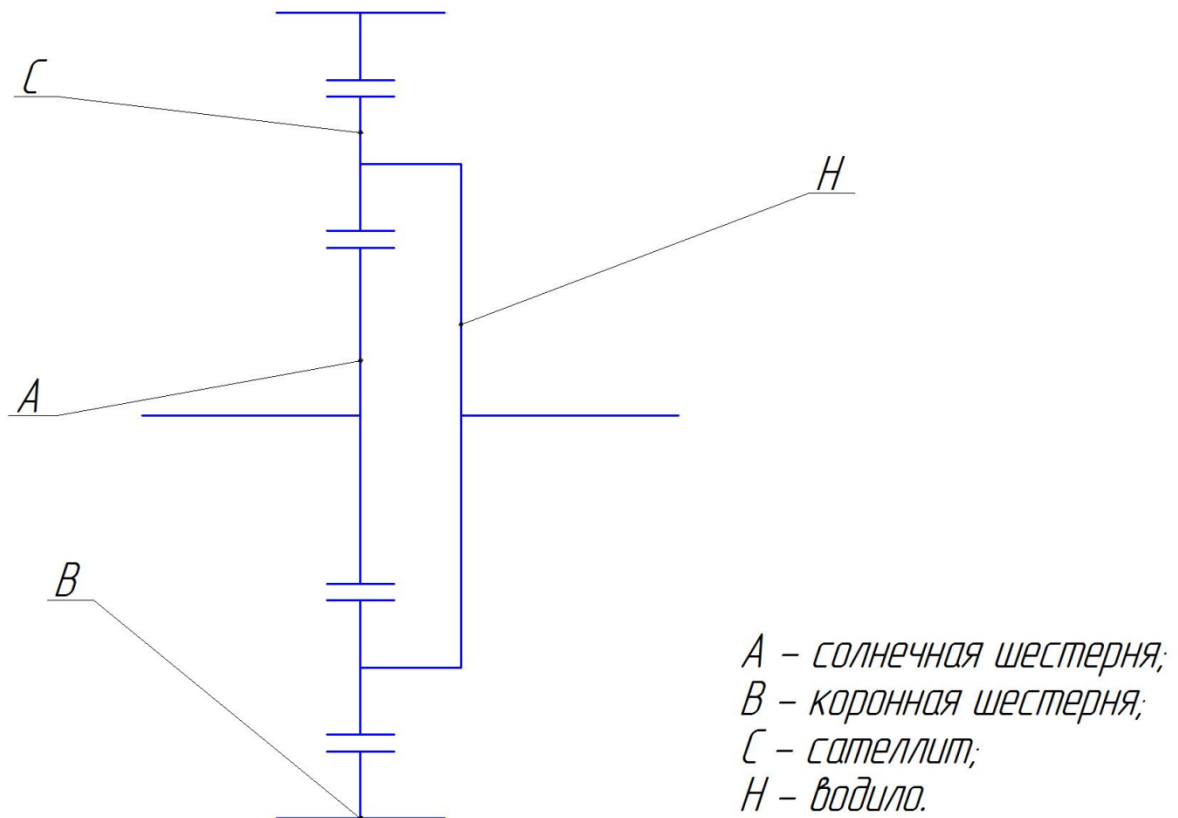


Рис 8.1 Схема планетарной передачи

A - солнечная шестерня; B - коронная шестерня; C - сателлиты; H - водило.

Возможные варианты передачи крутящего момента в простейшем механизме планетарной передачи.

Вход $n_{\text{вход}}$	Выход $n_{\text{выход}}$	Остановлено $n=0$	Передаточное отношение $i$	Диапазон $i$ при $z_b/z_a = 1,5 - 4$
A	C	B	$i = 1 + \frac{z_b}{z_a}$	$2,5 \leq i \leq 5$
A	B	C	$i = -\frac{z_b}{z_a}$	$-4 \leq i \leq -1,5$
B	C	A	$i = \frac{1 + \frac{z_b}{z_a}}{\frac{z_b}{z_a}}$	$1,25 \leq i \leq 1,67$
B	A	C	$i = -\frac{1}{\frac{z_b}{z_a}}$	$-0,67 \leq i \leq -0,25$
C	A	B	$i = \frac{1}{1 + \frac{z_b}{z_a}}$	$0,25 \leq i \leq 0,4$
C	B	A	$i = \frac{\frac{z_b}{z_a}}{1 + \frac{z_b}{z_a}}$	$0,6 \leq i \leq 0,8$



Отрицательные значения передаточных отношений означает, что направления входного и выходного звена различны (например передача заднего хода).

Достоинства планетарных передач:

- многопоточность передачи энергии несколькими зубчатыми передачами параллельно;
- малые масса и габарит;
- нет радиальных сил на опорах под подшипники;
- многовариантность включения

### 3. ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Лабораторная установка состоит из макета планетарного механизма и планетарного механизма автоматической коробки передач.

### 4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть методических указаний.
2. Изучить с помощью макетов и плакатов работу элементов планетарного механизма автоматической КПП.
3. Рассчитать число зубьев солнечной, коронной шестерни и сателлитов.
4. Найти все возможные варианты передачи крутящего момента в простейшем механизме планетарной передачи.

### 5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями к оформлению лабораторных работ и содержать кинематическую схему планетарной передачи, краткие теоретические сведения и расчет всех возможных передаточных отношений макета планетарной передачи, выданной преподавателем.

### 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите элементы планетарной передачи.
2. Принципы работы и передаточные числа планетарных передач.
3. Управление планетарными передачами.
4. Достоинства планетарной передачи.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту бензиновых двигателей моделей ЗМЗ-40524.10 подготовлено Управлением Главного Конструктора ПАО «ЗМЗ» Ответственный редактор: Главный конструктор ПАО «ЗМЗ» В.Л.Жбанников г.Заволжье 2015 г.
2. Вахламов В.К. Автомобили: Основы конструкции: Учебник для студ. Высш. учеб. заведений/ В.К.Вахламов. – 4-е изд., стер.-М.:Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.