

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Факультет информационных технологий и управления

Кафедра теоретических основ электротехники

**А. П. Курулёв, П. П. Стешенко**

## **УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ**

В двух частях

Часть 1

### **УСТРОЙСТВО И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

*Рекомендовано УМО  
по образованию в области информатики и радиоэлектроники  
в качестве учебно-методического пособия  
для специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника»*

Минск БГУИР 2019

УДК 629.02(076)  
ББК 39.33я73  
К93

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра автомобильной техники учреждения образования  
«Военная академия Республики Беларусь»  
(протокол №8 от 09.04.2018);

профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей  
Белорусского национального технического университета  
кандидат технических наук, профессор Е. Л. Савич

**Курулёв, А. П.**

К93

Устройство автомобиля. В 2 ч. Ч. 1 : Устройство и электрооборудование автомобильной техники : учеб.-метод. пособие / А. П. Курулёв, П. П. Стешенко. – Минск : БГУИР, 2019. – 148 с. : ил.

ISBN 978-985-543-454-3 (ч. 1).

Представлен материал по устройству автомобиля: конструкция двигателя, рулевого управления, подвески, трансмиссии; системы топливная, тормозная, охлаждения, смазки, пуска, снижения токсичности выхлопных газов.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Устройство и электрооборудование автомобильной техники».

**УДК 629.02(076)  
ББК 39.33я73**

**ISBN 978-985-543-454-3 (ч. 1)  
ISBN 978-985-543-455-0**

© Курулёв А. П., Стешенко П. П., 2019  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2019

## Предисловие

Развитие автомобильной техники является в настоящее время одной из важных составляющих структур экономического развития любого государства. Основными преимуществами автомобильной техники, предназначенной для грузовых и пассажирских перевозок, являются мобильность, возможность доступа к местам использования, низкие первоначальные и эксплуатационные затраты по сравнению с железнодорожным и авиационным транспортными средствами, наличие разработанной топливной энергетической базы.

Для подготовки специалистов по эксплуатации и разработки автомобильной техники требуются высококвалифицированные педагогические кадры, непрерывное совершенствование учебно-методических пособий и использование современной материально-технической базы учебных заведений.

Настоящее учебно-методическое пособие посвящено изучению конструкции механических устройств автомобилей, описанию принципов их работы и технических характеристик и состоит из 14 разделов:

1. Элементы и системы автомобиля.
2. Принцип работы двигателя автомобиля.
3. Порядок работы цилиндров двигателя автомобиля.
4. Основные конструкции двигателя автомобиля.
5. Система охлаждения двигателя автомобиля.
6. Система смазки двигателя автомобиля.
7. Системы вентилирования картера двигателя автомобиля.
8. Система пуска двигателя автомобиля.
9. Трансмиссия автомобиля.
10. Тормозные системы автомобиля.
11. Топливная система автомобиля.
12. Подвеска легкового автомобиля.
13. Рулевое управление легкового автомобиля.
14. Системы снижения токсичности отработавших газов легковых автомобилей.

За содействие улучшению содержания данного учебно-методического пособия авторы выражают благодарность рецензентам: коллективу кафедры автомобильной техники учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», возглавляемой полковником А. Н. Мишиным, и профессору кафедры технической эксплуатации автомобилей Белорусского национального технического университета кандидату технических наук, профессору Е. Л. Савичу.

Отзывы и пожелания просим направлять в БГУИР по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, кафедра ТОЭ.

*Авторы*

## Список сокращений и условных обозначений

- ПП = КС – первичный преобразователь = камера сгорания  
 $G_{\text{ок}} = G_{\text{в}}$  – окислитель (кислород, содержащийся в воздухе)  
РТ – рабочее тело (обычно газообразное вещество)  
 $P$  – давление  
 $T$  – температура  
 $V$  – объем  
 $M$  – вращающий момент  
 $Q_{\text{хол}}$  – часть теплоты, отдаваемая холодному источнику (воздуху)  
КП – конечный преобразователь тепловой энергии в механическую (коленчатый вал)  
ДВС – двигатель внутреннего сгорания  
КС – камера сгорания  
ГФЭ – главные функциональные элементы  
ВФЭ – второстепенные функциональные элементы  
ТПРЭ – тепловой преобразователь энергии  
ВМТ – верхняя мертвая точка  
НМТ – нижняя мертвая точка  
 $S$  – ход поршня от ВМТ до НМТ  
 $\varepsilon$  – степень сжатия  
 $k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения (отношение действительного количества  $M_1$ , поступившего в цилиндр свежего заряда, к теоретически возможному количеству  $M_2$ )  
С – углерод  
Н – водород  
О – кислород  
К ( $0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$ ) – кельвин (единица термодинамической температуры)  
 $\alpha_{\text{в}} = L / L_0$  – коэффициент избытка воздуха  
УОЗ – угол опережения зажигания  
ПКВ – поворот коленчатого вала  
УОВТ – угол опережения впрыска топлива  
 $\xi$  – угол заклинки (угол между кривошипами коленчатого вала)  
 $\gamma$  – угол развала между рядами  
 $\alpha$  – угол между вспышками  
 $Z$  – число рядов в двигателе  
ГРМ – газораспределительный механизм  
КШМ – кривошипно-шатунный механизм  
ШРУС – шарниры равных угловых скоростей  
ВС – электроконтакт выключателя сцепления  
ВП – электроконтакт выключателя передачи  
МВх – контакты микровыключателя  
MRF – взвесь сферических микрочастиц

ЭБУ – электронный блок управления  
КПП – коробка переключения передач  
R – шестерня передачи заднего хода  
АКП – автоматическая коробка передач  
ТНВД – топливный насос высокого давления  
ТПН – топливоподкачивающий насос  
МРП – многорычажная подвеска  
ЭСУ – электронная система управления  
БУ – блок управления  
ЦТ – центр тяжести  
ОГ – отработавшие газы

Библиотека БГУИР

# 1. Элементы и системы автомобиля

## 1.1. Функциональная схема (модель) теплового двигателя автомобиля

На рис. 1.1, *а* представлены условные обозначения:  $G_T$  – топливо;  $G_B$  – окислитель (обычно это кислород, содержащийся в воздухе);  $M$  – вращающий момент (на выходном коленвале);  $\omega$  – угловая скорость коленвала;  $Q_{хол}$  – обязательная отдача части теплоты холодному источнику (воздуху).

На входе теплового двигателя – топливо  $G_T$  и окислитель. На выходе – вращающий момент  $M$  и угловая скорость  $\omega$  выходного вала, и обязательная отдача части теплоты холодному источнику  $Q_{хол}$  (для удовлетворения 2-го закона термодинамики).

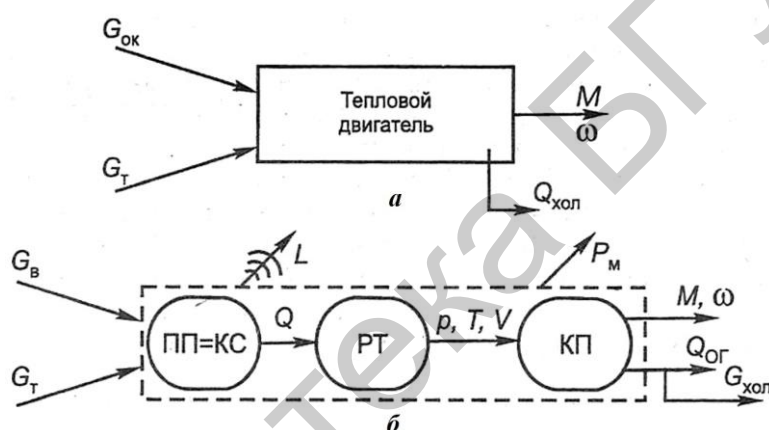


Рис. 1.1. Функциональная схема теплового двигателя автомобиля:  
*а* – на мегауровне; *б* – на макроуровне

2-й закон термодинамики основан на 2-м начале термодинамики, который гласит о химическом равновесии в природе: любой переход вещества из одной фазы в другую возможен лишь в направлении их выравнивания (т. е. при соблюдении уравнения **изотермы**).

На рис. 1.1, *б* представлены условные обозначения:

**ПП = КС** – первичный преобразователь = камера сгорания;

$G_T$  – топливо;

$G_{ок} = G_B$  – окислитель (кислород, содержащийся в воздухе);

$Q$  – теплота;

$L$  – акустическое излучение (шум) при работе двигателя;

**РТ** – рабочее тело (обычно газообразное вещество);

$P_m$  – механические потери мощности при работе двигателя;

$M$  – вращающий момент (на выходном валу);

$\omega$  – угловая скорость выходного вала;

$P$  – давление; }  
 $T$  – температура; } термодинамические параметры;  
 $V$  – объем; }

$Q_{ог}$  – отработанные газы;

$Q_{хол} = G_{хол}$  – отдача теплоты холодному источнику при охлаждении отработанных газов.

В **ПП** (первичном преобразователе) происходит преобразование химической энергии в теплоту  $Q$ , которая передается рабочему телу **РТ** (газообразное вещество с термодинамическими параметрами  $P$  (давление),  $T$  (температура),  $V$  (объем)). Эти параметры с помощью конечного преобразователя **КП** (коленвала) преобразуют тепловую энергию в механическую.

### 1.2. Функциональная схема двигателя внутреннего и внешнего сгорания

На рис. 1.2, *а* в двигателе внутреннего сгорания (**ДВС**) представлены следующие обозначения: **КС** (камера сгорания) + **РТ** (рабочее тело) и **КП** (конечный преобразователь) выделены пунктиром в две самостоятельные функциональные единицы следующим образом. Первая функциональная единица – внутри **КС** сгорает топливо, выделяется теплота  $Q$ , которая воздействует на **РТ**, изменяя термодинамические параметры. Вторая функциональная единица – это **КП** (конечный преобразователь).

На рис. 1.2, *б* в двигателе внешнего сгорания представлены следующие обозначения: **КС** (камера сгорания), **РТ** (рабочее тело), **КП** (конечный преобразователь).

Недостатки двигателя внешнего сгорания:

- а) тепло испаряется;
- б) очень низкий КПД (10–15 %).

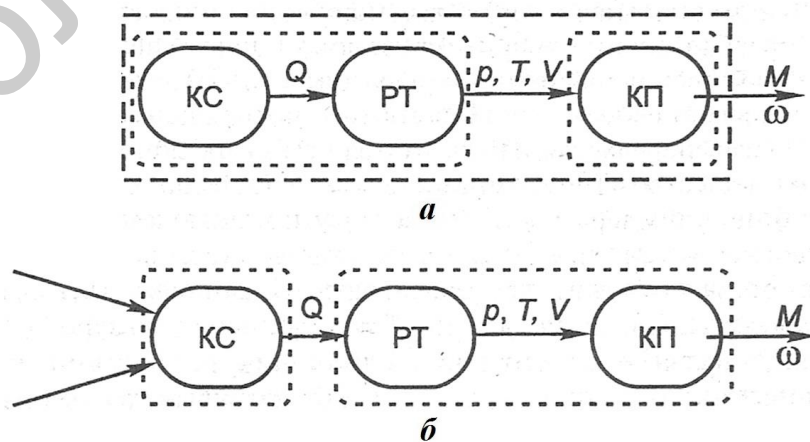


Рис. 1.2. Функциональная модель теплового двигателя:  
*а* – двигатель внутреннего сгорания; *б* – двигатель внешнего сгорания

### 1.3. Функциональные элементы (главные и вспомогательные) двигателя автомобиля

На рис. 1.3 приведены следующие обозначения:

**ГФЭ** – главные функциональные элементы;

**ВФЭ** – второстепенные функциональные элементы;

$U_{эл}$  – напряжение электрическое (от аккумуляторной батареи или от магнето);

$G_{см}$  – смесь от карбюратора (форсунки);

$Q_{ог}$  – отработавшие газы.

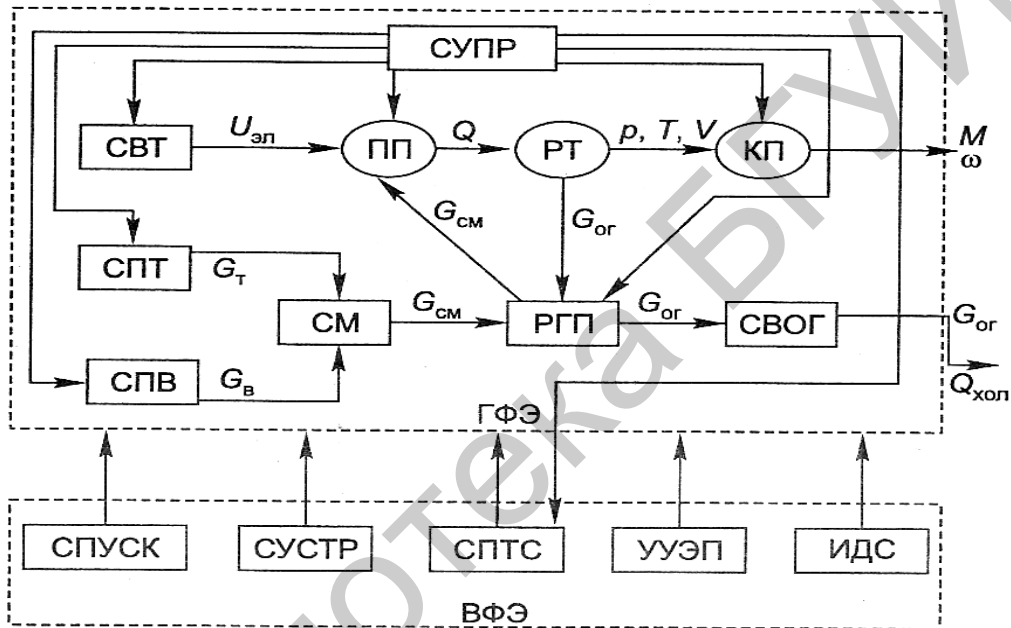


Рис. 1.3. Функциональная схема силовой установки на расширенном макроуровне

Совокупность ПП (первичного преобразователя), РТ (рабочего тела) и КП (конечного преобразователя) называют функциональным модулем или «Тепловым преобразователем энергии» (ТПРЭ). ТПРЭ есть *двигатель*. На рис. 1.3 показано преобразование химической энергии тепла в механическую с помощью **ГФЭ** и **ВФЭ**.

**ГФЭ+ВФЭ** бензинового двигателя приведены на рис. 1.3. Остальные обозначения приведены в прил. 1 (табл. П.1.1).

### 1.4. Классификация поршневых двигателей внутреннего сгорания

Поршневые двигатели внутреннего сгорания классифицируют на группы по различным признакам.



**По назначению:**

- стационарные двигатели, применяемые на электростанциях, буровых установках, нефте- и газоперекачивающих станциях и т. п.;
- транспортные, используемые на автомобилях, тракторах и других мобильных машинах.

**По виду применяемого топлива:**

- двигатели, работающие на жидком топливе (бензин, дизельное топливо);
- двигатели, работающие на газообразном топливе (естественном, генераторном газе и др.).

**По способу осуществления рабочего цикла:**

- двухтактные двигатели, в которых рабочий цикл в одном цилиндре осуществляется за два хода поршня, т. е. за один оборот коленчатого вала;
- четырехтактные, в которых рабочий цикл в одном цилиндре совершается за четыре хода поршня, т. е. за два оборота коленчатого вала.

**По способу воспламенения рабочей смеси:**

- с принудительным зажиганием электрической искрой (бензиновые карбюраторные двигатели, бензиновые двигатели с впрыском топлива, газовые двигатели);
- с самовоспламенением топлива от сжатия свежего заряда (дизельные двигатели);
- с форкамерно-факельным зажиганием, когда смесь в специальной дополнительной камере сгорания воспламеняется искрой, а в основной камере – от факела пламени из дополнительной камеры (бензиновые карбюраторные двигатели).

**По способу смесеобразования:**

- с внешним смесеобразованием (газовые двигатели, бензиновые карбюраторные и бензиновые с впрыском топлива во впускной трубопровод);
- с внутренним смесеобразованием (дизели и двигатели с впрыском бензина в цилиндры).

**По способу наполнения цилиндров свежим зарядом:**

- двигатели с естественным всасыванием заряда за счет разрежения в цилиндре при такте наполнения;
- двигатели с наддувом, когда свежий заряд поступает в цилиндры под давлением, превышающим давление окружающей среды.

**По конструктивным признакам:**

- одно- и многоцилиндровые;
- с вертикальным, горизонтальным, V- и звездообразным расположением блоков цилиндров;
- одно- и двухвальными.

**По способу охлаждения цилиндров:**

- с жидкостным охлаждением;
- с воздушным охлаждением.

**Конструкции и системы автомобиля:**

1. Двигатель:
  - головка блока цилиндров;
  - блок цилиндров;
  - кривошипно-шатунный механизм;
  - газораспределительный механизм;
  - система охлаждения и кондиционирования;
  - система смазки.
2. Система пуска двигателя: аккумулятор, стартер, генератор, система впрыска топливной смеси, система зажигания.
3. Коробка передач.
4. Трансмиссия.
5. Топливная система.
6. Тормозная система.
7. Рулевое управление.
8. Подвеска, шины, диски.
9. Кузов.
10. Система освещения и сигнализации.
11. Система снижения токсичности отработавших газов.
12. Сервисные системы: кондиционер, зеркала, отопление-подогрев, датчик парковки и т. д.

## 2. Принцип работы двигателя автомобиля

### *2.1. Принцип работы поршневого бензинового четырехтактного двигателя внутреннего сгорания автомобиля (процессы впуска и сжатия топливной смеси)*

На рис. 2.1 представлены условные обозначения:

**ВМТ** – верхняя мертвая точка (поршень *максимально* удален от оси коленчатого вала);

**НМТ** – нижняя мертвая точка (поршень *минимально* удален от оси коленчатого вала);

$S = 2R$  – *ход поршня* (расстояние вдоль оси цилиндра между ВМТ и НМТ);

$R$  – *радиус* кривошипа коленчатого вала;

$L$  – шатун связи кривошипа с поршнем (длиной  $L$ );

$V_h$  – объем цилиндра от ВМТ до НМТ;

$V_c$  – объем камеры сжатия (камера сгорания) над поршнем при его положении в ВМТ;

$V_a$  – полный объем цилиндра – объем цилиндра над поршнем при его положении в НМТ, т. е.  $V_a = V_h + V_c$ ;

$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$  – степень сжатия (т. е. отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия).

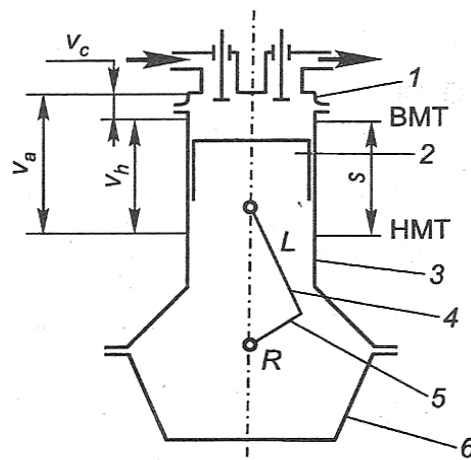


Рис. 2.1. Схема поршневого двигателя внутреннего сгорания:  
 1 – головка цилиндров; 2 – поршень; 3 – блок цилиндров; 4 – шатун;  
 5 – кривошип коленвала; 6 – картер

**Свежий заряд** – воздух (или топливовоздушная смесь), поступивший в цилиндр через впускной клапан.

**Остаточные газы** – продукты сгорания, оставшиеся в цилиндре после выпуска их через выпускной клапан.

**Рабочая смесь** – смесь свежего заряда с остаточными газами.

**Рабочее тело** – газы, с помощью которых в цилиндре осуществляется преобразование тепловой энергии в механическую работу.

**Рабочий цикл ДВС** (двигатель внутреннего сгорания) – последовательность изменений термодинамического состояния рабочего тела, которые приводят к преобразованию тепловой энергии в механическую.

**Такт** – часть рабочего цикла двигателя, совершаемого за один ход поршня в цилиндре.

Рабочий цикл четырехтактного двигателя состоит из процессов впуска, сжатия, сгорания (расширения) и выпуска, которые совершаются за четыре такта (хода поршня между ВМТ и НМТ) или за два оборота коленчатого вала.

**Впуск топлива.**  $P_a = P_o - \alpha P_a$  – давление в цилиндре в конце наполнения (МПа), где  $P_o$  – давление во впускном тракте,  $\alpha P_a$  – уменьшение давления в цилиндре вследствие наличия гидравлических сопротивлений в системе пуска.

**Температура** в конце такта впуска:

а) 340...400 К, или 67...127 °С, – для бензиновых двигателей;

б) 310...350 К, или 37...77 °С, – для дизельных двигателей.

Впуск свежего заряда в цилиндр осуществляется за два периода.

Впуск заканчивается в момент закрытия впускного клапана.

Степень наполнения оценивается **коэффициентом наполнения**  $k_n = \frac{M_1}{M_T}$ ,

т. е. равным отношению действительного количества  $M_1$ , поступившего в цилиндр свежего заряда, к теоретически возможному количеству  $M_T$  ( $k_n = 0,7 \dots 0,85$  – для бензиновых двигателей,  $k_n = 0,75 \dots 0,9$  – для дизельных).

**Сжатие.** Давление рабочей смеси в конце сжатия:

$P_a = 1,8$  МПа – для карбюраторных двигателей;

$P_a = 5,6$  МПа – для дизельных двигателей (без надува).

Температура сжатия:

а)  $600 \dots 750$  К, или  $327 \dots 477$  °С, – для бензиновых двигателей;

б)  $750 \dots 900$  К, или  $477 \dots 627$  °С, – для дизельных двигателей.

**Сгорание (рабочий ход).** Процесс сгорания топлива – окислительный, при котором химические элементы топлива соединяются с кислородом воздуха.

Химические элементы жидкого топлива: углерод **С**, водород **Н**, кислород **О**.

При полном сгорании углерод **С**, соединяясь с кислородом **О**, образует углекислый газ  $CO_2$ ; а водород **Н**, соединяясь с кислородом **О**, образует водяной пар  $H_2O$ .

Для полного сгорания **1 кг топлива теоретически** необходимое количество компонентов жидкого топлива составляет:

а) **для бензина:** ( $g$  – массовая доля компонентов в 1 кг топлива)  
 $gC = 0,85$  кг,  $gH = 0,15$  кг,  $gO = 0$  кг;

б) **для дизельного топлива:** (при плотности воздуха  $P_B = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>)  
 $gC = 0,86$  кг,  $gH = 0,13$  кг,  $gO = 0,01$  кг.

**Действительное** количество воздуха  $L$  связано с теоретически необходимым  $L_0$  для полного сгорания **1 кг топлива коэффициентом избытка воздуха:**

$$\alpha_B = \frac{L}{L_0}.$$

Практические значения  $\alpha_B$ :

$\alpha_B = 0,8 \dots 1,15$  – для бензиновых двигателей;

$\alpha_B = 1,2 \dots 1,7$  – для дизельных двигателей.

Температура газов в конце сгорания (при полной нагрузке)

$T = 2300 \dots 2800$  К, или  $2027 \dots 2527$  °С, – в бензиновых двигателях;

$T = 1800 \dots 2200$  К, или  $1527 \dots 1927$  °С, – в дизельных двигателях.

Давление в цилиндре в конце сгорания:

$P_a = 3,5 \dots 5,5$  МПа – в бензиновых двигателях;

$P_a = 6 \dots 10$  МПа – в дизельных двигателях.

На процесс сгорания оказывает влияние состав рабочей смеси.

Чрезмерно *богатые* смеси при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_v = 0,5$  или чрезмерно *бедные* смеси при  $\alpha_v = 1,15$  **не горят!**

Максимальная скорость распространения пламени (и соответственно максимальная мощность двигателя) достигается при  $\alpha_v = 0,9$ .

При излишних температуре и давлении в процессе сжатия сгорание может перейти во *взрывную форму* – **детонацию**, при которой возникает ударная волна со скоростью 1500...2000 м/с!

Процесс сгорания топлива в бензиновом двигателе отображен на развернутой диаграмме (рис. 2.2). Это график зависимости изменения давления в цилиндре  $P$  от угла поворота коленчатого вала  $\phi$ . УОЗ – угол опережения зажигания, зависит от скорости сгорания топлива:

- а) при малых оборотах – 2...5°;
- б) при больших оборотах 15...30°.

Процесс сгорания *начинается* с момента зажигания смеси в *точке 1* такта сжатия.

Углом опережения зажигания называют угол поворота коленчатого вала (ПКВ) от момента, соответствующего точке 1 до прихода поршня в ВМТ.

В процессе сгорания топлива выделяют **III периода** (см. рис. 2.2):

**I** – (участок 1–2) – период задержки воспламенения, когда температура и давление практически не изменились и происходит *предпламенное окисление* топлива.

**II** – (участок 2–3) – период активного сгорания топлива (сгорает 80–90 % смеси), давление повышается до максимального.

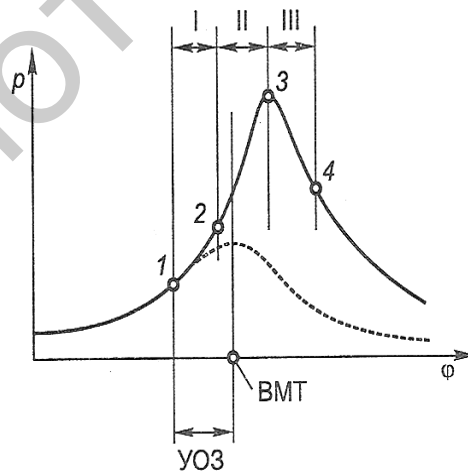


Рис. 2.2. Развернутая индикаторная диаграмма процесса сгорания в бензиновом двигателе

**III** – (участок 3–4) – период догорания, продолжающийся уже в процессе *расширения* и заканчивающийся через 40–80° поворота коленчатого вала (ПКВ) после ВМТ.

На рис. 2.3 представлена развернутая диаграмма процесса сгорания в дизельном двигателе, где **УОВТ** – угол опережения впрыска топлива. Момент впрыска топлива в сжатый воздух (*точка 1*) принимают на начало процесса сгорания.

Момент впрыска характеризуется *углом опережения впрыска топлива (УОВТ)*.

Для дизеля **УОЗ = УОВТ** при малых оборотах угол опережения  $2-5^\circ$ , при больших оборотах угол опережения  $15-30^\circ$ .

В процессе сгорания топлива выделяют *IV периода* (см. рис. 2.3):

**I** – (участок **1–2**) – период задержки воспламенения, когда осуществляются физико-химические процессы подготовки топлива к сгоранию.

**II** – (участок **2–3**) – период быстрого сгорания топлива, способствующий резкому нарастанию давления в цилиндре и заканчивающийся уже после ВМТ. Воспламенение топлива в дизельном двигателе происходит за счет повышения температуры воздуха при сжатии до  **$300^\circ\text{C}$** !

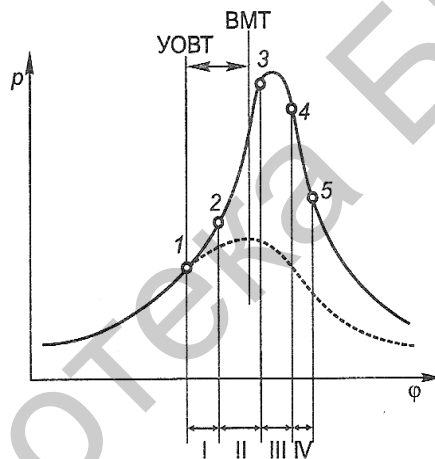


Рис. 2.3. Развернутая диаграмма процесса сгорания в дизельном двигателе

**III** – (участок **3–4**) – период медленного сгорания (при незначительном изменении давления в связи со снижением скорости химических реакций из-за уменьшения количества кислорода и увеличения количества продуктов сгорания).

**IV** – (участок **4–5**) – период догорания топлива за счет создания завихрения смеси в цилиндре (выемка в поршне и форкамера в головке блоков) и правильного выбора характеристик топливоподачи).

**Выпуск** сгоревших (отработавших) газов происходит за счет выталкивания их поршнем при его движении с НМТ до ВМТ при открытом выпускном клапане газораспределительной системы.

### 3. Порядок работы цилиндров двигателя автомобиля

#### 3.1. Порядок работы (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) однорядного четырехцилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля

Совокупность кривошипов многих цилиндров в многоцилиндровом двигателе автомобиля называют коленчатым валом.

Порядок работы двигателя (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) зависит от кривошипной схемы коленчатого вала.

Вспышки в цилиндрах двигателей с коленчатым валом, имеющим несколько кривошипов, должны следовать в таком порядке, чтобы два последовательных по вспышкам цилиндра находились каждый раз по разные стороны от среднего коренного подшипника и располагались как можно дальше друг от друга.

Это обеспечивает достаточно равномерную нагрузку на отдельные участки вала и картера, а значит, и на равномерность работы двигателя в целом.

В четырехтактных двигателях все цилиндры должны проработать за два поворота коленчатого вала ( $360^\circ + 360^\circ = 720^\circ$ ).

Угол между вспышками  $\alpha = \frac{720^\circ}{n}$ , где  $n$  – число цилиндров.

Равномерное чередование вспышек конструктивно обеспечивается следующим образом.

1. Для *однорядных* многоцилиндровых двигателей **угол между вспышками  $\alpha$**  должен быть равным **углу заклинки  $\xi$**  (т. е. углу между кривошипами коленчатого вала):  $\xi = \alpha$ .

2. Для *многорядных* многоцилиндровых двигателей угол заклинки  $\xi = \alpha \cdot Z$ , где  $Z$  – число рядов в двигателе.

Угол развала между рядами  $\gamma$  должен быть равен углу между вспышками  $\alpha$ :  $\gamma = \alpha$ .

В *однорядном четырехцилиндровом четырехтактном двигателе* (рис. 3.1, а, б и прил. 2) **угол между вспышками  $\alpha = \frac{720^\circ}{4} = 180^\circ$** , **угол между кривошипами  $\xi = \alpha = 180^\circ$** .

Кривошипы коленчатого вала (см. рис. 3.1, а и б) расположены следующим образом.

Два крайних кривошипа **I** и **IV** *расположены под углом  $180^\circ$*  в одной плоскости к двум средним кривошипам **II** и **III**.

Порядок работы цилиндров такого двигателя (см. прил. 2) или **1-2-4-3**, или **1-3-4-2**. Оба порядка равноценны по влиянию на равномерность работы двигателя.

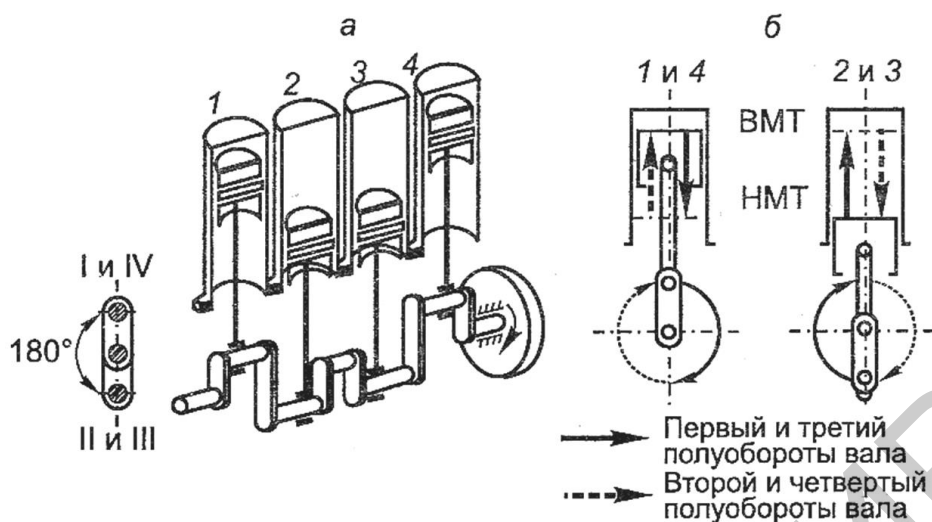


Рис. 3.1. Схема работы четырехтактного однорядного четырехцилиндрового двигателя

### 3.2. Порядок работы (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) однорядного шестицилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля

В таком двигателе угол между вспышками  $\alpha = \frac{720^\circ}{6} = 120^\circ$ , угол между кривошипами  $\xi = \alpha = 120^\circ$ .

Кривошипы коленчатого вала расположены под углом  $120^\circ$  в следующем порядке (рис. 3.2), если смотреть со стороны переднего конца вала, т. е. со стороны радиатора.

Наибольшее распространение получил порядок работы такого двигателя 1-5-3-6-2-4, при котором рабочие ходы перекрываются на  $1/3$  хода поршня.

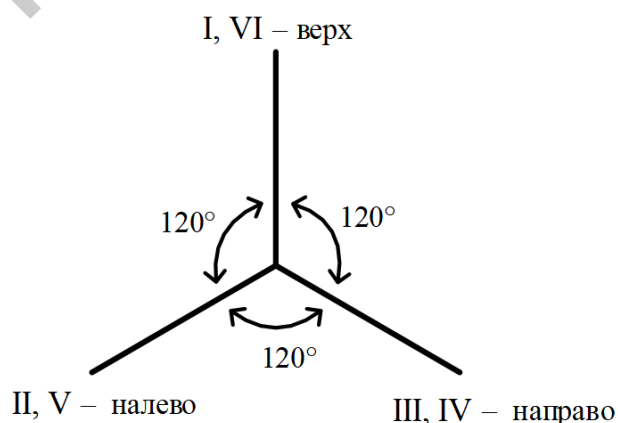


Рис. 3.2. Порядок расположения кривошипов



### 3.3. Схема и порядок работы V-образного двухрядного восьмицилиндрового четырехтактного двигателя

В таком двигателе коленчатый вал имеет **4** кривошипа (рис. 3.3), угол между вспышками  $\alpha = \frac{720^\circ}{8} = 90^\circ$ , угол между кривошипами  $\xi = \alpha \cdot Z = 90^\circ \cdot 2 = 180^\circ$ , угол развала между рядами  $\gamma = \alpha = 90^\circ$ .

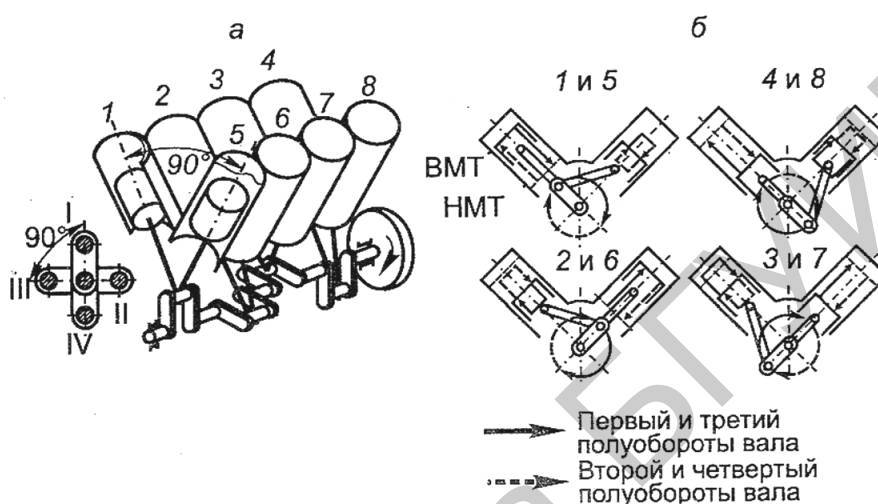


Рис. 3.3. Схема работы четырехтактного V-образного восьмицилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля

Для равномерного чередования тактов (см. рис. 3.3) кривошипы вала расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (под углом в  $180^\circ$  в каждой паре).

Порядок работы такого двигателя (прил. 3) **1-5-4-2-6-3-7-8**.

### 3.4. Порядок работы (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) V-образного двухрядного шестицилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля

Применяемые V-образные шестицилиндровые двигатели имеют угол развала цилиндров  $90^\circ$  и кривошипы, расположенные под углом  $120^\circ$ . В такой схеме рабочие ходы чередуются с интервалом  $90$  и  $150^\circ$ . Это неблагоприятно отражается на уравновешенности двигателя, вызывает необходимость установки маховика с большим моментом инерции.

Для обеспечения равномерности вспышек и уравновешенности работы такого двигателя необходимо соблюсти следующие условия: угол между вспышками  $\alpha = \frac{720^\circ}{6} = 120^\circ$ , угол между кривошипами  $\xi = \alpha \cdot Z = 120^\circ \cdot 2 = 240^\circ$ , угол развала между рядами  $\gamma = \alpha = 120^\circ$ .

То есть при той же конфигурации коленчатого вала необходимо обеспечить развал между блоками цилиндров  $\gamma = 120^\circ$ . Тогда при таком же порядке работы цилиндров **1-4-2-5-3-6** чередование рабочих ходов будет равномерным.

При практической реализации такая конструкция двигателя имеет *недостаток* – *увеличение поперечных габаритов* по сравнению с V-образным двухрядным восьмицилиндровым четырехтактным двигателем.

Порядок работы такого двигателя: **1-4-2-5-3-6**, где **1, 2, 3** – левый ряд цилиндров, **4, 5, 6** – правый ряд цилиндров.

## 4. Основные конструкции двигателя автомобиля

### 4.1. Цилиндропоршневая группа и кривошипно-шатунный механизм двигателя автомобиля

**Головка блока цилиндров** предназначена для установки в ней газораспределительного механизма: распределительного вала и клапанов.

**Блок цилиндров** предназначен для компоновки элементов кривошипно-шатунного, газораспределительного механизмов и системы охлаждения двигателя.

**Кривошипно-шатунный механизм (КШМ)** предназначен для преобразования давления газов сгоревшего топлива на поршень в крутящий момент коленвала.

**Газораспределительный механизм** служит для своевременного впуска рабочей смеси (а в дизельных двигателях воздуха) и выпуска отработавших газов в соответствии с циклами работы двигателя в каждом из цилиндров двигателя.

**Поршни** из алюминиевых сплавов уплотняются в цилиндре с помощью изготовленных в них кольцевых выточек, в которых размещаются кольца из чугуна.

**Шатуны** изготавливаются из стали или алюминиевых сплавов, а также из композиционных материалов, прочность которых усиливается с помощью керамических волокон.

**Блоки цилиндров. Цилиндры.** В последнее время изготавливают *блоки цилиндров*, в которых соседние цилиндры соприкасаются стенками (так называемые «сиамские» блоки с «сухими» гильзами (рис. 4.1)). Такой способ дает возможность получить довольно жесткую конструкцию при сравнительно небольших размерах. Жесткость блока цилиндров в значительной степени определяет шумовые характеристики двигателя. Характерной особенностью современных высоконагруженных двигателей является применение *опорной рамы 3* (рис. 4.2), которая крепит *коленчатый вал 7*.

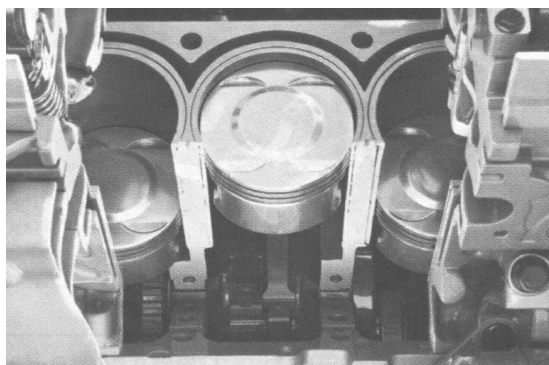


Рис. 4.1. Блок цилиндров двигателя с «сухой» гильзой

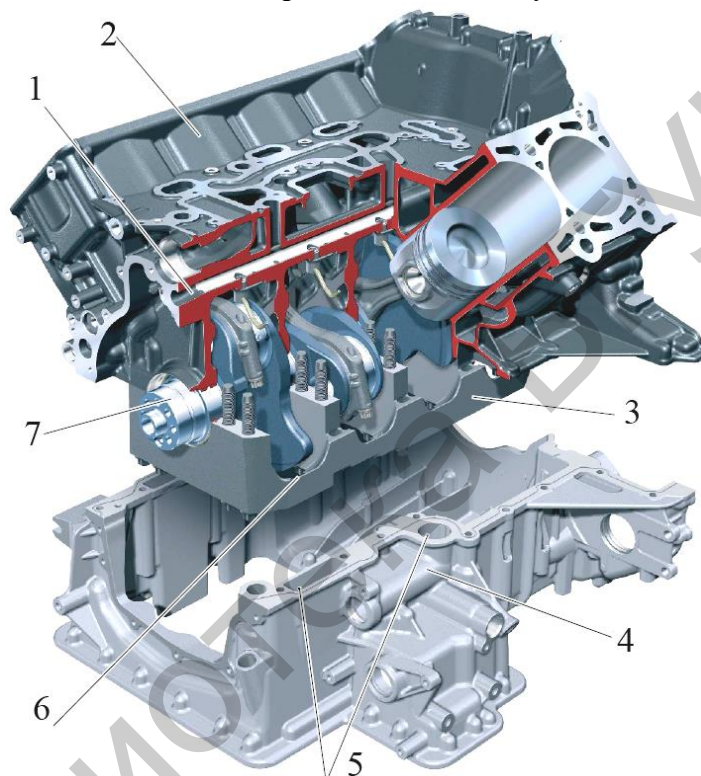


Рис. 4.2. Блок цилиндров двигателя:

1 – главная масляная магистраль; 2 – блок цилиндров; 3 – опорная рама; 4 – алюминиевый масляный поддон; 5 – каналы слива масла; 6 – приливы опорной рамы; 7 – коленчатый вал

К опорной раме крепится алюминиевый *масляный поддон 4*, который максимально изолирован от вибраций кривошипно-шатунного механизма, что положительно сказывается на акустике двигателя.

Блоки цилиндров из чугуна имеют большую массу и низкую теплопроводность. Этого недостатка нет в конструкции блоков цилиндров из алюминиевых сплавов, где цилиндры – чугунные гильзы, на рабочие поверхности которых плазменным напылением наносят износостойкую пористую пленку чистого кремния, хорошо удерживающего смазку.

Преимущества данного способа изготовления цилиндров:

- снижение массы;
- уменьшение размеров двигателя;

– увеличение срока службы цилиндров.

**Поршни.** В настоящее время поршни бензиновых и дизельных двигателей (рис. 4.3, 4.4, 4.5) изготавливаются из алюминиевых сплавов.

Для уменьшения потерь на трение и повышения долговечности КМШ на боковую поверхность поршня наносят слой антифрикционного материала (содержащего дисульфид молибдена или графит).

Для отвода тепла из зоны колец в поршне (см. рис. 4.3) предусмотрены охлаждающие каналы **4, 5**, по которым циркулирует масло, подаваемое через форсунку **6**. В днище поршня делают подклапанные выемки **1**, исключая соприкосновение клапана с поршнем.

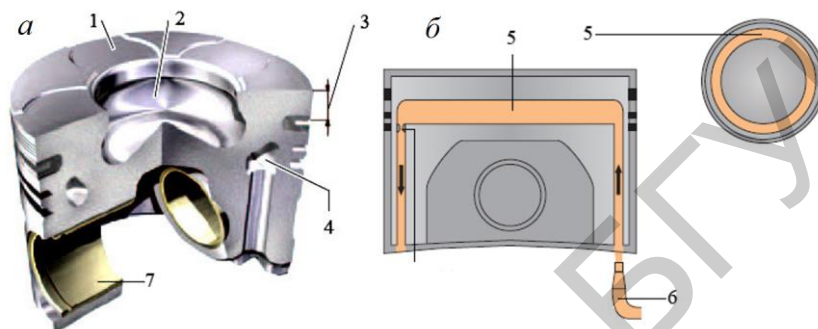


Рис. 4.3. Поршень современного двигателя:

*a* – общий вид; *б* – расположение каналов: 1 – подклапанные выемки; 2 – камера сгорания; 3 – высота жарового слоя; 4, 5 – охлаждающий канал; 6 – форсунка; 7 – латунная втулка

Для обеспечения эффективного процесса сгорания топлива (при непосредственном его впрыске) поршни имеют особую форму (см. рис. 4.4), в которой изготовлены две выемки: для топлива и для воздуха.

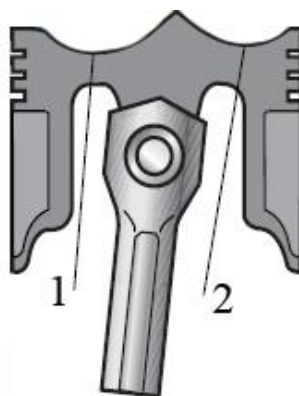


Рис. 4.4. Поршень системы непосредственного впрыска бензинового двигателя:

1 – топливная выемка; 2 – воздушная выемка

В современных дизельных двигателях в связи с повышенным давлением сгорания топлива (по сравнению с бензиновыми) применяются трапециевидные поршни и шатуны (см. рис. 4.5). Благодаря такой форме площадь нагруженных поверхностей в поршне и шатуне увеличивается, вследствие чего сила давления сгорания распределяется на большей площади. В результате – удельные давления на поршень и шатун уменьшаются.

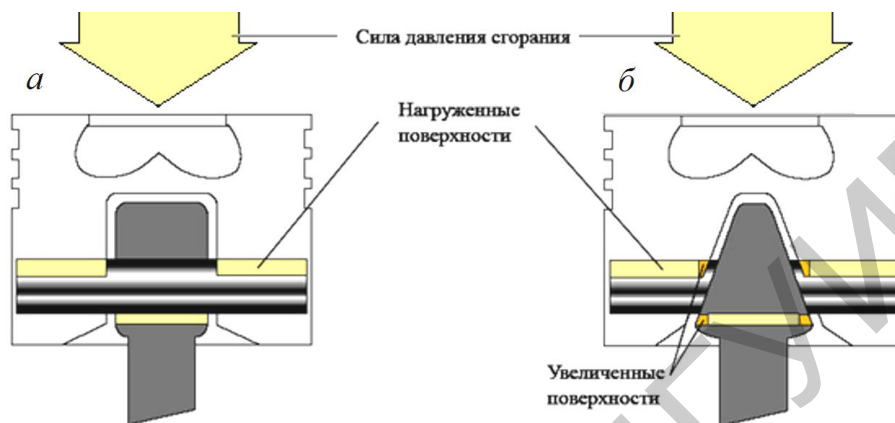


Рис. 4.5. Распределение усилий на поршне и шатуне:  
*a* – с параллельными сопрягающимися поверхностями; *б* – с трапециевидными сопрягающимися поверхностями

## 4.2. Уравновешивание двигателя автомобиля

Чтобы снизить вибрацию двигателя при его работе, необходимо уравновесить моменты, создаваемые силами инерции.

Для этого предусмотрены:

- 1) противовесы **4** (рис. 4.6), закрепленные на коленчатом валу болтами;
- 2) уравновешивающий вал **7** с противовесами **6** и **8**.

Даже жесткий коленчатый вал подвергается *крутильным колебаниям*. При совпадении частоты крутильных колебаний с частотой воздействия внешних сил (неровная дорога, боковой ветер и т. п.) может наступить резонанс (который может привести к поломке коленчатого вала).

Для недопущения этого явления служат гасители крутильных колебаний. На рис. 4.6 это диск с силиконовой жидкостью. На рис. 4.7 это двухмассовый маховик, который представляет собой диск, разделенный на внутреннюю и наружную части. Обе части соединяются упругим материалом (**пружинами**), который поглощает вибрации от крутильных колебаний за счет внутреннего трения.

Гашение колебаний *отдельных агрегатов* автомобиля (двигателя, сцепления, коробки передач, ведущего моста) осуществляется с помощью жидкостных упругих элементов – *амортизаторов (демпферов)* (рис. 4.8).

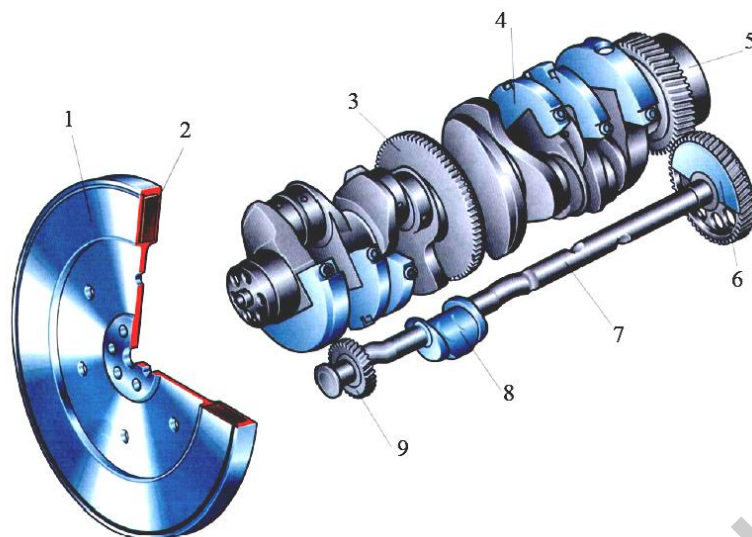


Рис. 4.6. Уравновешивание двигателя:

1 – гаситель крутильных колебаний; 2 – силиконовая жидкость; 3 – задающий диск частоты вращения коленчатого вала; 4 – противовес коленчатого вала; 5 – коленчатый вал; 6 – противовес уравновешивающего вала; 7 – уравновешивающий вал; 8 – противовес уравновешивающего вала; 9 – шестерня привода масляного насоса

**Принцип работы демпфера.** Управление демпфером (рис. 4.8, в) осуществляется с помощью тарелки 2 (рис. 4.8, а) электромагнитного клапана с вакуумным приводом.

Полость под установочной мембраной 11 (см. рис. 4.8, в) может соединяться с помощью электромагнитного клапана 4 (см. рис. 4.8, а) с атмосферой.

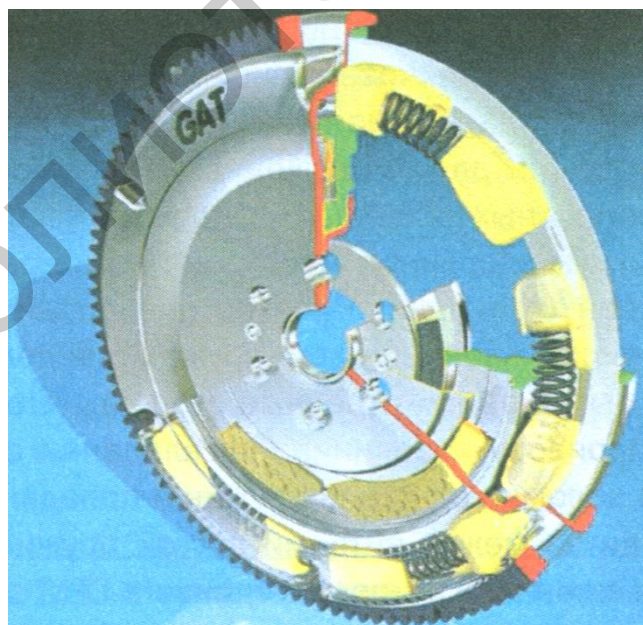


Рис. 4.7. Двухмассовый маховик

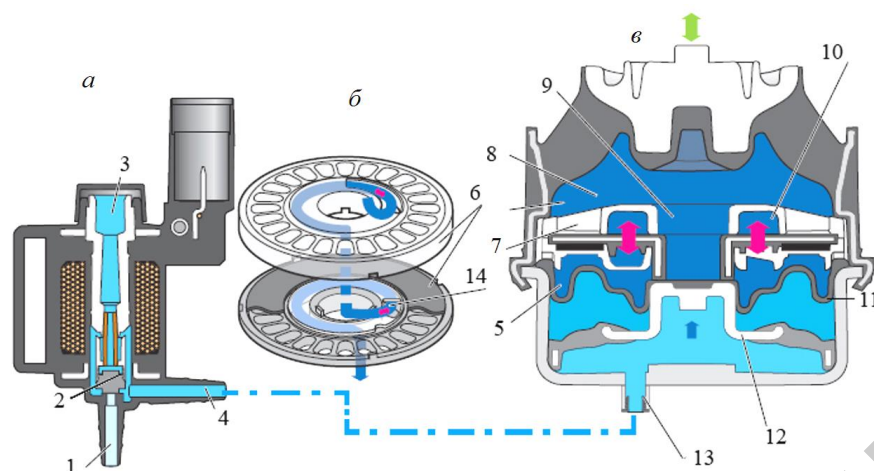


Рис. 4.8. Принцип работы упругого элемента подвески силового агрегата:

*а* – электромагнитный клапан; *б* – сопловой аппарат; *в* – упругий элемент (демпфер):  
 1 – штуцер подвода разряжения от впускного трубопровода; 2 – тарелка электромагнитного клапана; 3 – подвод атмосферного давления; 4 – штуцер электромагнитного клапана подачи разряжения к опоре; 5 – нижняя камера 2; 6 – сопловой аппарат; 7 – верхняя камера 1;  
 8 – раствор гликолевой жидкости; 9 – соединительный канал; 10 – канал;  
 11 – мембрана демпфера; 12 – клапан мембраны демпфера;  
 13 – штуцер вакуумного трубопровода опоры; 14 – направление движения жидкости в сопловом аппарате

При работе двигателя на холостом ходу и скорости движения до 5 км/ч на обмотку клапана 4 (рис. 4.8, *а*) подается питание, его тарелка 2 поднимается и полость под мембраной демпфера 11 (рис. 4.8, *в*) соединяется с впускным трубопроводом 1 (см. рис. 4.8, *а*). Под действием разряжения мембрана демпфера 11 опускается и открывает соединительный канал 9 между верхней 7 и нижней 5 камерами. При открытом соединительном канале 9 за счет протекания раствора гликолевой жидкости 8 уменьшается динамическая жесткость подвески силового агрегата и снижаются вибрации, передаваемые на кузов при работе двигателя.

При скорости автомобиля выше 5 км/ч блок управления двигателем включает питание на электромагнитный клапан 4. При этом тарелка 2 клапана закрывает канал, соединенный с впускным трубопроводом 1. В результате этого воздух под атмосферным давлением поступает через клапан 4 в полость под мембраной демпфера 12, 13 (см. рис. 4.8, *в*). Под действием атмосферного давления мембрана демпфера 11 перекрывает соединительный канал 9 между камерами 5 и 7.

В этом положении гликолевая жидкость может перетекать между камерами только по спиральному каналу в силовом аппарате (рис. 4.8, *б*), что позволяет гасить колебания силового агрегата, возникающие при движении автомобиля по неровной дороге.

### 4.3. Газораспределительный механизм автомобиля

**Газораспределительный механизм (ГРМ).** Принцип работы: распределительный вал **7** (рис. 4.9) приводится в движение от шестерни коленвала с помощью цепной или ременной передачи. При вращении распределительного вала его кулачки набегают на рычаги (коромысла **5**). Их число определяется количеством впускных и выпускных клапанов **1**, которые, поворачиваясь, нажимают на стержень клапанов, и таким образом открывается сообщение (отверстие) между камерой сгорания и впускным или выпускным трубопроводом. При дальнейшем повороте распредвала кулачки сходят выпуклой частью с рычагов, которые при помощи пружин **8** возвращаются в исходное положение, а клапан под действием пружин закрывается.

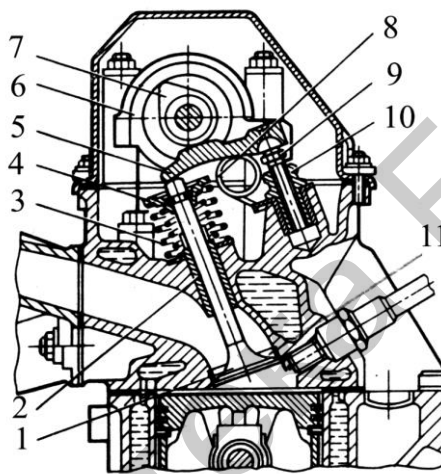


Рис. 4.9. Газораспределительный механизм

Существуют различные варианты (см. рис. 4.9) передачи силового воздействия с кулачков **5** распределительного вала на стержни клапанов **1**, т. е. типов привода клапанов.

1. Привод через штангу **11** и коромысло **8** (рис. 4.10).

2. Привод через коромысло **2** (рис. 4.11). При этом кулачок распредвала воздействует на плечо коромысла, на конце которого для увеличения срока службы может быть установлен роликовый подшипник.

3. Привод через коромысло **2** (рис. 4.12) и регулировочный эксцентрик **1**. При этом кулачок **3** распредвала воздействует на коромысло **2**, которое через регулировочный эксцентрик **1** соприкасается со стержнем клапана.

4. Привод через рычаг **3** (рис. 4.13). При этом кулачок распредвала **1** воздействует на плечо рычага **3**, тыльная поверхность которого передает усилие на регулировочную гайку **4**, застопоренную контргайкой **5**.

5. Привод клапанов двумя коромыслами от одного кулачка распредвала (рис. 4.14).

6. Привод через чашечный толкатель **3** (рис. 4.15). При этом распредвал кулачком **5** воздействует на чашечный толкатель **3**, усилие от которого через



регулирующую шайбу **6** передается на клапан **2**. В таком приводе отсутствуют коромысла, что повышает надежность работы газораспределительного механизма.

7. Привод через два *распредвала с гидравлическим толкателем* (рис. 4.16) или *гидрокомпенсаторами зазора*.

Благодаря гидротолкателям:

- уменьшаются стуки;
- механизм работает более плавно;
- устраняются неисправности двигателя при нарушении зазоров (например, прогары клапанов и др.);
- не изменяются фазы газораспределения при износе деталей клапанного механизма;
- не требуется регулировка зазоров в клапанном механизме.

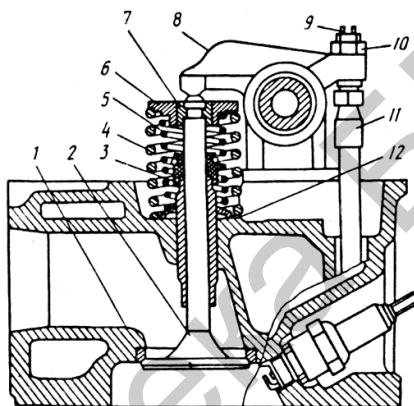


Рис. 4.10. Привод клапанов через штангу и коромысла:

- 1 – седло клапана; 2 – клапан; 3 – маслоотражательный колпачок;  
 4, 5 – клапанные пружины; 6 – тарелка пружины; 7 – сухарь; 8 – коромысло;  
 9 – регулировочный винт; 10 – гайка регулировочного винта;  
 11 – штанга; 12 – опорная шайба пружин

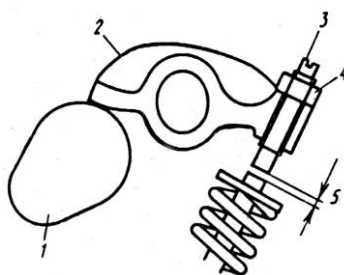


Рис. 4.11. Привод клапанов через коромысло:

- 1 – кулачок распределительного вала; 2 – коромысло; 3 – регулировочный винт;  
 4 – контргайка; 5 – зазор

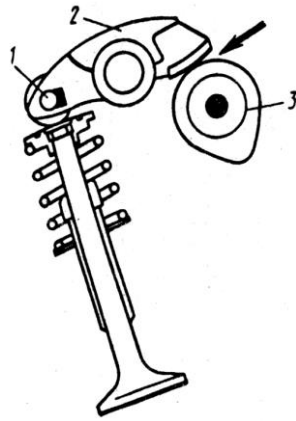


Рис. 4.12. Привод клапанов через коромысло и регулировочный эксцентрик:  
1 – регулировочный эксцентрик; 2 – коромысло; 3 – кулачок распределительного вала

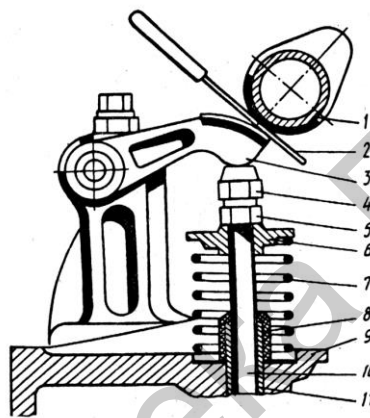


Рис. 4.13. Привод клапанов через рычаг:  
1 – кулачок распределительного вала; 2 – щуп для регулировки теплового зазора; 3 – рычаг;  
4 – регулировочная гайка; 5 – контргайка; 6 – тарелка пружины клапана;  
7 – пружина клапана; 8 – маслосъемный колпачок клапана; 9 – головка цилиндров;  
10 – стержень клапана; 11 – направляющая втулка клапана

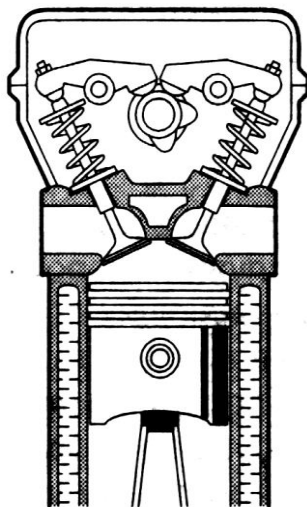


Рис. 4.14. Привод клапанов двумя коромыслами от одного кулачка  
верхнего распределительного вала

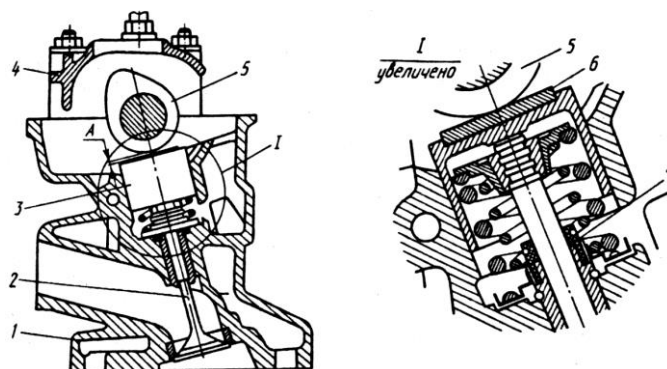


Рис. 4.15. Привод клапанов через чашечный толкатель:  
 1 – головка цилиндров; 2 – клапан; 3 – чашечный толкатель; 4 – корпус подшипника распределительного вала; 5 – кулачок распределительного вала; 6 – регулировочная шайба; 7 – маслосъемный колпачок клапана; А – тепловой зазор

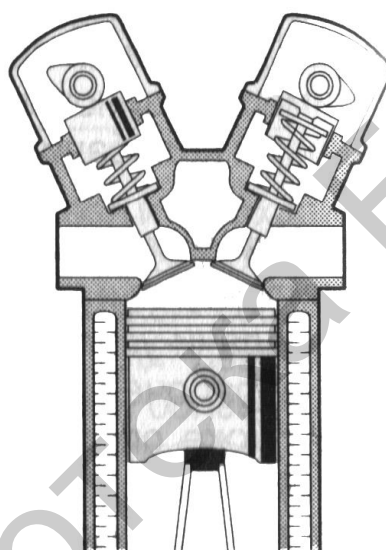


Рис. 4.16. Привод через два распределительных вала с гидравлическими толкателями

#### ***4.4. Гидравлические толкатели газораспределительного механизма двигателя автомобиля***

В гидротолкатель (рис. 4.17) входят:

- корпус толкателя **1**;
- цилиндр **2**;
- плунжер **5**;
- обратный шариковый клапан **3**, который поджат к отверстию в поршне пружиной **4**;
- возвратная пружина **4** разжимает поршень и плунжер;
- наполнительная камера **a**;
- поршневая камера **b**;
- рабочая камера **c**.

Масло в гидротолкатель подводится из системы смазки по каналу **H**, а затем по каналам нижней плоскости корпуса подшипников – к распределам. В

канале *H* расположен обратный шариковый клапан **15**, не допускающий слива масла из верхних каналов после остановки двигателя.

Принцип работы: когда клапан **13** закрыт, масло от клапана *H* поступает в гидротолкатель **10** через канавку и отверстие в боковой поверхности. Масло проходит через паз верхней части толкателя и поступает в цилиндры **2**. Пружина **4** и масло, находящиеся между цилиндром **2** и плунжером **5**, разжимают их и прижимают верхнюю плоскость корпуса **1** толкателя к кулачку **9**, а нижнюю плоскость плунжера **5** к торцу клапана **3**, выбирая зазор в клапанном механизме.

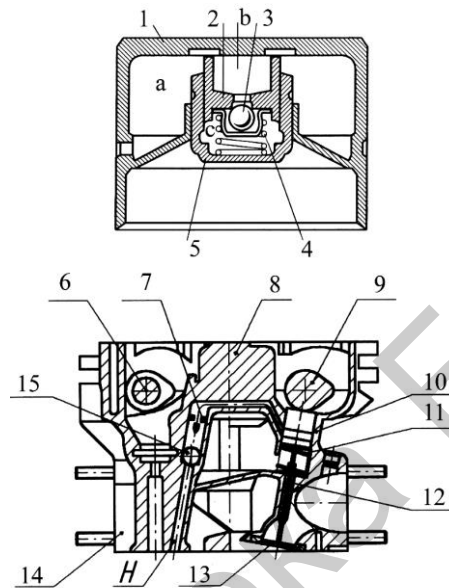


Рис. 4.17. Гидротолкатель:

- 1 – корпус; 2 – цилиндр; 3 – шариковый клапан; 4 – пружина; 5 – плунжер;  
 6 – распределительный вал; 7 – жиклер; 8 – разрез головки блока; 9 – кулачок;  
 10 – гидротолкатель; 11 – клапанная пружина; 12 – направляющая втулка; 13 – клапан;  
 14 – головка блока; 15 – обратный шариковый клапан; *a* – накопительная камера;  
*b* – поршневая камера; *c* – рабочая камера; *H* – канал подачи смазки

Жесткость пружины **4** и давление масла *намного меньше* жесткости пружины клапана **11**. Поэтому клапан **11** остается закрытым, когда толкатель **10** касается затыльной частью кулачка **9** (рис. 4.18, *a*).

Когда на толкатель **10** (см. рис. 4.17) начинает воздействовать набегающая часть кулачка **9** (при закрытом шариковом клапане **3**), то в рабочей камере *C* создается высокое давление.

Поскольку жидкость (масло) в камере *C* практически несжимаема, узел цилиндра **2** – плунжер **5** (см. рис. 4.17) становится жестким и передает усилие кулачка **9** на клапан **13** (см. рис. 4.17, рис. 4.18, *б*).

По мере дальнейшего поворота кулачка **9** давление в рабочей камере *C* увеличивается и часть масла из камеры *C* перетекает в накопительную камеру *a* через зазор между поршнем и плунжером **5**.

После закрытия клапана **13** (см. рис. 4.17) начинается процесс выборки зазора в клапанном механизме. Силы от кулачка **9** и клапана **15** уже не дей-

ствуют на гидротолкатель. Возвратная пружина **4** снова раздвигает цилиндр с плунжером **5**, прижимая верхнюю плоскость корпуса толкателя **1** к кулачку **9**, а нижнюю плоскость плунжера **5** к торцу клапана **3**.

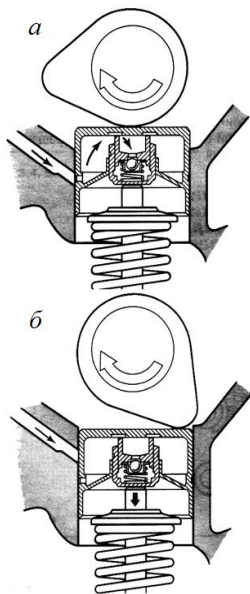


Рис. 4.18. Принцип работы гидротолкателя

При этом давление в камере *C* становится меньше, чем в камере *a*, шариковый клапан **3** открывается и в камеру *C* доливается масло из камеры *a*.

Кроме *чашечных гидротолкателей* в двигателях применяются (рис. 4.19) гидротолкатели **3**, на которые воздействуют коромысла **4**. Коромысла качаются на вставных осях **6**. Гидротолкатель **3** находится в каждом рычаге непосредственно над стержнем клапана **1**.

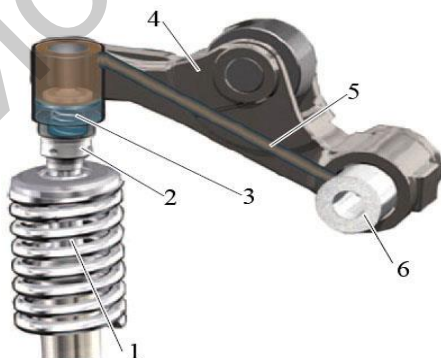


Рис. 4.19. Гидротолкатель с коромыслом:

1 – стержень клапана; 2 – подпятник; 3 – гидротолкатель; 4 – коромысло;  
5 – продольное сверление; 6 – ось

Масло к гидротолкателью подводится от вставной оси **6** через продольное сверление **5** в рычаге клапана. Равномерное распределение давления в зоне контакта рычага с клапаном обеспечивается подпятником **2**. Для уменьшения потерь на привод клапанов в коромысле **4** трение скольжения заменено трением качения (за счет применения ролика).

#### 4.5. Системы изменения фаз газораспределения

В обычном двигателе фазы газораспределения определяются формой кулачка распределительного вала и остаются неизменными во всех диапазонах работы двигателя. Однако постоянные фазы газораспределения не позволяют создавать оптимальные процессы смесеобразования.

Чтобы варьировать фазами газораспределения, необходимо изменять положение распределительного вала относительно коленчатого.

*Холостой ход.* На этом режиме работы следует устанавливать такой угол поворота распределительного вала, который соответствует самому позднему началу открытия впускных клапанов (максимальный угол задержки при минимальном перекрытии клапанов). Этим обеспечивается минимальное поступление отработавших газов во впускной трубопровод, что улучшает стабильность работы двигателя и снижение расхода топлива.

*Режим низких нагрузок.* Перекрытие клапанов уменьшается для минимизации поступления отработавших газов во впускной трубопровод, что улучшает стабильность работы двигателя.

*Режим средних нагрузок.* Перекрытие клапанов увеличивается, что позволяет снизить «насосные» потери, при этом часть отработавших газов поступает во впускной трубопровод, что позволяет снизить температуру рабочего цикла и вследствие этого содержание оксидов азота в отработавших газах.

*Режим высоких нагрузок при низкой частоте вращения коленчатого вала.* В этом режиме обеспечивается раннее закрытие впускных клапанов, что обеспечивает увеличение крутящего момента. Небольшое или нулевое перекрытие клапанов заставляет двигатель более четко реагировать на изменение положения дроссельной заслонки, что, например, очень важно в транспортном потоке.

*Режим высоких нагрузок при высокой частоте вращения коленчатого вала.* Для того чтобы получить максимальную мощность при высокой частоте вращения коленчатого вала, необходимо перекрытие клапанов около ВМТ с большим углом поворота коленчатого вала. Это связано с тем, что мощность в наибольшей степени зависит от максимально возможного количества топливно-воздушной смеси, попадающей в цилиндр за короткое время, но чем выше частота вращения, тем меньше время, отводимое на заполнение цилиндра.

В связи с все более повышающимися требованиями к уменьшению выбросов токсичных веществ с отработавшими газами в настоящее время разработаны устройства, которые могут изменять фазы газораспределения во всем диапазоне возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя как для впускных, так и для выпускных клапанов, что позволяет регулировать количество остаточных отработавших газов в камере сгорания. Бесступенчатое изменение фаз газораспределения позволяет также улучшить работу двигателя на холостом ходу и полных нагрузках, обеспечивая повышение крутящего момента и мощности.

В режиме **холостого хода** (рис. 4.20) впускной вал поворачивается таким образом, чтобы обеспечить достаточно позднее открытие и соответственно позднее закрытие впускных клапанов, а выпускной вал поворачивается так, что выпускной клапан закрывается задолго до прихода поршня в ВМТ. В результате количество остаточных газов в смеси снижается до минимума, что благоприятствует стабилизации сгорания в цилиндрах двигателя и повышению равномерности его работы в данном режиме. Для достижения возможно большей **максимальной мощности** (рис. 4.21) при высокой частоте вращения вала двигателя производится задержка открытия выпускных клапанов. Благодаря этому увеличивается продолжительность давления газов на поршень на такте расширения.

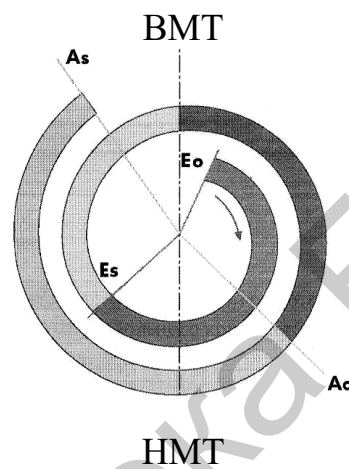


Рис. 4.20. Система изменения фаз газораспределения в режиме холостого хода:

$E_o$  – открытие впускного клапана;  $E_s$  – закрытие впускного клапана;  
 $A_o$  – открытие выпускного клапана;  $A_s$  – закрытие выпускного клапана

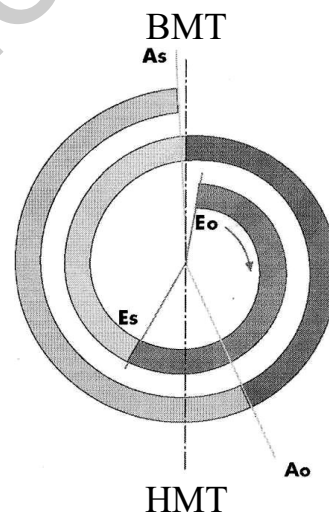


Рис. 4.21. Система изменения фаз газораспределения в режиме:  
 $E_o$  – открытие впускного клапана;  $E_s$  – закрытие впускного клапана;  
 $A_o$  – открытие выпускного клапана;  $A_s$  – закрытие выпускного клапана  
 максимальной мощности

Впускной клапан открывается после ВМТ и закрывается относительно поздно после НМТ. При этом динамические процессы во впускной системе используются для получения эффекта дозарядки цилиндров и соответствующего увеличения мощности двигателя.

Для получения высокого значения **максимального крутящего момента** (рис. 4.22) необходимо обеспечить возможно больший коэффициент наполнения цилиндров. Для этого необходимо раньше открывать и соответственно закрывать впускные клапана, чтобы не допустить обратный выброс смеси из цилиндров во впускной трубопровод. При этом выпускные клапана закрываются с небольшим опережением до ВМТ.

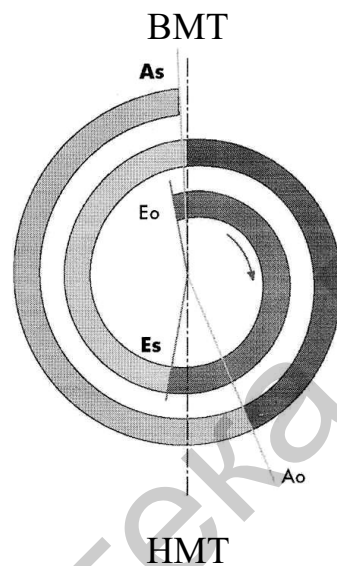


Рис. 4.22. Система изменения фаз газораспределения в режиме максимального крутящего момента:

$E_o$  – открытие впускного клапана;  $E_s$  – закрытие впускного клапана;  
 $A_o$  – открытие выпускного клапана;  $A_s$  – закрытие выпускного клапана

В режиме **рециркуляции отработавших газов** (рис. 4.23) повороты впускного и выпускного распределительных валов по фазе производятся с таким расчетом, чтобы обеспечить внутреннюю рециркуляцию отработавших газов. При этом создаются условия для поступления отработавших газов из выпускных во впускные каналы во время перекрытия фаз газораспределения (т. е. в период одновременного открытия впускного и выпускного клапанов). При этом количество рециркулируемых газов зависит главным образом от продолжительности перекрытия фаз. Для этого впускные клапана должны открываться задолго до ВМТ, а выпускные – закрываться непосредственно перед ВМТ. В результате оба клапана остаются открытыми одновременно и отработавшие газы перетекают во впускные каналы.



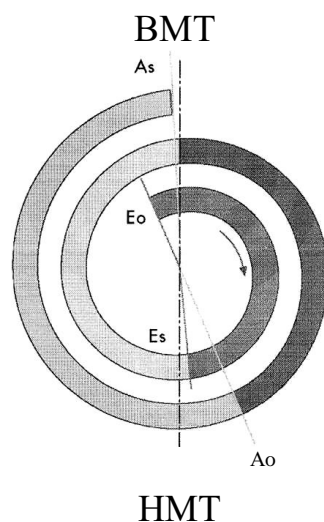


Рис. 4.23. Система изменения фаз газораспределения в режиме рециркуляции отработавших газов:

$E_o$  – открытие впускного клапана;  $E$  – закрытие впускного клапана;  
 $A_o$  – открытие выпускного клапана;  $A_s$  – закрытие выпускного клапана

К преимуществам внутренней рециркуляции отработавших газов по сравнению с внешней рециркуляцией относятся ускоренная реакция системы и повышенная равномерность распределения рециркулируемых газов по цилиндрам.

Указанные фазы газораспределения носят примерный характер и служат для объяснения явлений, связанных с поворотом распределительных валов. Фазы газораспределения каждого конкретного двигателя подбираются в соответствии с его конструкцией и системой управления.

Привод состоит из двух частей – внутренней с закручивающимся ротором **10**, связанной с распределительным валом и внешней **11**, приводимой цепью или ременной передачей от коленчатого вала (рис. 4.25). Связь между обеими частями осуществляется с помощью масляной полости, в которой выступы ротора или лопасти поворачивают ротор влево или вправо (рис. 4.24, б, в). Одновременно с ротором поворачивается распределительный вал, на который навинчен ротор.

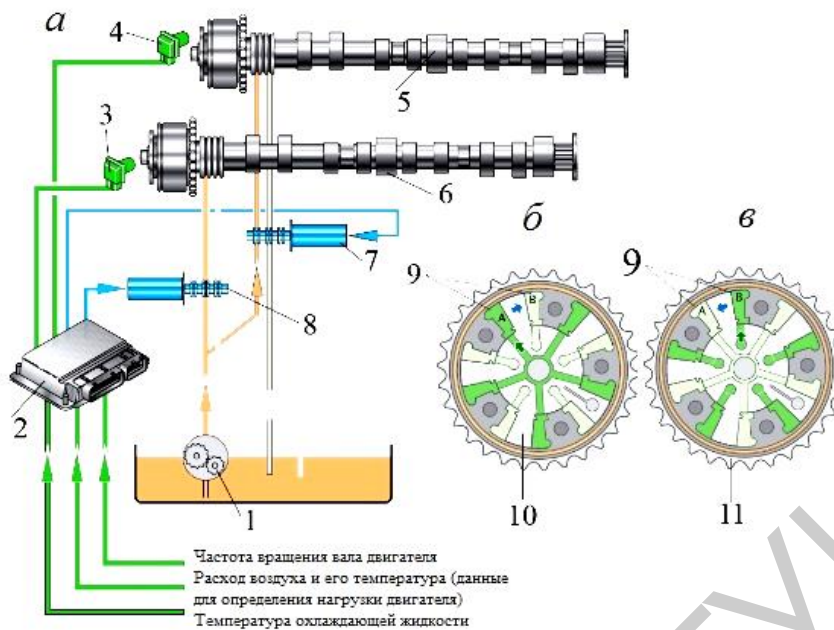


Рис. 4.24. Схема системы непрерывного изменения фаз газораспределения с гидрорегулируемой муфтой:

- а* – общая схема; *б* – поворот ротора относительно корпуса вправо; *в* – поворот ротора относительно корпуса влево: 1 – масляный насос; 2 – электронный блок управления двигателем; 3 – датчик Холла для распределительного вала привода выпускных клапанов; 4 – датчик Холла для распределительного вала привода впускных клапанов; 5 – распределительный вал для впускных клапанов; 6 – распределительный вал для выпускных клапанов; 7 – электрогидравлический распределитель распределительного вала для впускных клапанов; 8 – электрогидравлический распределитель распределительного вала для выпускных клапанов; 9 – рабочие полости; 10 – ротор; 11 – гидрорегулируемая муфта

Давление масла в рабочей камере зависит от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки и температуры двигателя. Положение распределительного вала относительно коленчатого вала во время работы двигателя может быть как переменным, так и постоянным (фиксированным). Питание рабочей полости осуществляется от системы смазки двигателя.

Управляющий электрогидравлический распределитель **8** (рис. 4.24) состоит из гидравлической части и электромагнита. Клапан установлен на корпусе распределительных валов и подключен к системе смазки двигателя. В цилиндре распределителя установлен золотник, перемещение которого приводит к изменению потоков масла. Управление положением золотника управляющего распределителя происходит по сигналу электронного блока управления **2**. В зависимости от положения распределителя масло подается к гидрорегулируемой муфте через один или через оба канала. Подключением того или иного канала производится перестановка ротора в положение «рано» или «поздно» или же он удерживается в определенном фиксированном положении. Исходное положение золотника определяется натяжением возвратной пружины.



Рис. 4.25. Общий вид системы непрерывного изменения фаз газораспределения с использованием лопастного гидравлического двигателя

Жесткая связь между приводной звездочкой и ротором, связанным с распределительным валом, существует только во время запуска двигателя. При наполнении масляной полости маслом внутренняя и внешняя части привода разъединяются. При самом большом давлении масла распределительные валы поворачиваются в положение, соответствующее наиболее позднему впуску горючей смеси и наиболее раннему выпуску отработавших газов.

Диапазон перестановки распределительного вала составляет  $40^\circ$  по углу поворота коленчатого вала или  $20^\circ$  по углу поворота распределительных валов.

## **5. Система охлаждения двигателя автомобиля**

### ***5.1. Система охлаждения двигателя автомобиля с жидкостным насосом, имеющим механический привод***

*Система охлаждения обеспечивает:*

– отвод тепла от нагретых деталей двигателя для поддержания требуемого температурного режима его работы;

– подогрев салона в холодное время.

Так как *вода или низкозамерзающие жидкости* обладают *высокой теплоемкостью* и обеспечивают эффективный отвод тепла от нагретых поверхностей, большинство современных двигателей имеют *жидкостные системы охлаждения*.

*Жидкостные насосы* имеют:

- механический привод;
- электрический привод.

В качестве *привода вентилятора* применяются:

- гидравлические муфты;
- муфты с электрическим включением;
- электродвигатели.

*Принцип работы* системы охлаждения.

В двухконтурной системе охлаждения с двумя термостатами **4** и **6** (рис. 5.1) потоки жидкости через головку блоков цилиндров **10** и через блок цилиндров **9** разделены и могут иметь разные температуры.

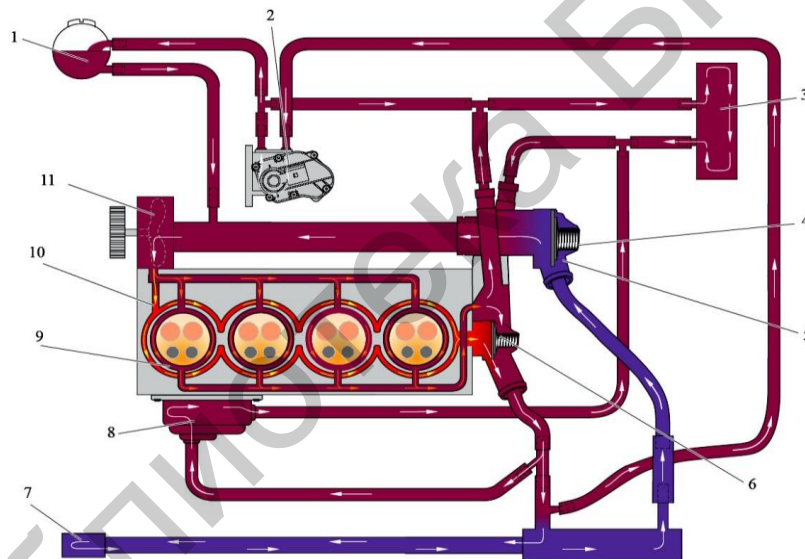


Рис. 5.1. Контур системы охлаждения

Управление этими потоками осуществляется следующим образом:

- термостат **4** управляет потоком жидкости из поддона **7** через головку блоков цилиндров **10** (2/3 жидкости);
- термостат **6** управляет потоком жидкости через блок цилиндров **9** (1/3 жидкости).

1. При температуре охлаждающей жидкости **ниже 87 °С** оба термостата **4** и **6** **закрыты**, благодаря чему прогрев двигателя ускоряется.

При этом охлаждающая жидкость движется по контуру, включающему:

- поддон **7** (основной радиатор системы охлаждения);
- насос охлаждающей жидкости **11**;
- головку блоков цилиндров **10**;

- корпуса термостатов **4** и **6**;
- охладитель масла **8**;
- клапан пропуски отработавших газов **2**;
- расширительный бачок **1**.

2. При температуре охлаждающей жидкости **от 87 до 105 °С** термостат **4** головки блоков цилиндров **10** открыт, а термостат **6** блока цилиндров **9** закрыт.

В результате – температура охлаждающей жидкости в головке блока цилиндров **10** стабилизируется на уровне **87 °С**, а в блоке цилиндров **9** она продолжает повышаться.

При этом охлаждающая жидкость движется по тому же контуру, что и при температуре **ниже 87 °С**, *плюс радиатор 3*.

3. При температуре охлаждающей жидкости **свыше 105 °С** оба термостата **4** и **6** открыты.

В результате – температура охлаждающей жидкости в головке блока цилиндров **10** стабилизируется на уровне **87 °С**, а в блоке цилиндров **9** – на уровне **105 °С**.

При этом *в контур* движения охлаждающей жидкости *добавляется блок цилиндров*.

## **5.2. Система охлаждения двигателя автомобиля с электронным управлением**

Система охлаждения двигателя с электронным регулированием (рис. 5.2) оптимизирует температуру жидкости **от 95 до 110 °С** (при частичной нагрузке двигателя) и **от 85 до 95 °С** (при полной нагрузке двигателя).

Оптимизация осуществляется *согласно программе* (заложенной в память блока управления двигателем) посредством действия распределителя охлаждающей жидкости с электронным термостатом **4**.

**Распределитель 4** (рис. 5.3) с помощью *электронного термостата 9* направляет поток охлаждающей жидкости в *малый* (рис. 5.3, *а*) и в *большой* круг (рис. 5.3, *б*).

*Малый круг* (см. рис. 5.3, *а*) служит для быстрого прогрева двигателя после запуска. При этом электронный термостат **9** препятствует выходу охлаждающей жидкости из двигателя и открывает путь к насосу. Радиатор не включен в круг циркуляции охлаждающей жидкости. Охлаждающая жидкость быстро нагревается.

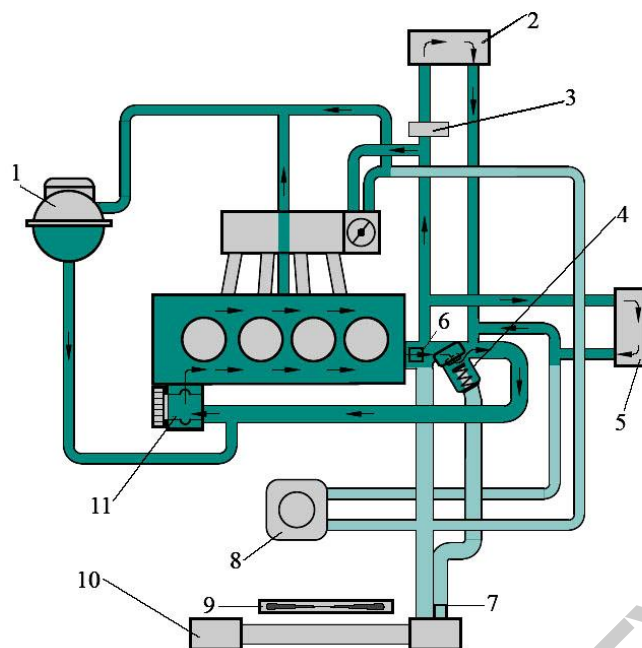


Рис. 5.2. Система охлаждения с электронным управлением:

1 – расширительный бачок; 2 – радиатор системы отопления; 3 – клапан отключения радиатора системы отопления; 4 – распределитель охлаждающей жидкости с электронным термостатом; 5 – масляный радиатор коробки передач; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости (на выходе жидкости из двигателя); 7 – датчик температуры охлаждающей жидкости (на выходе жидкости из радиатора); 8 – масляный радиатор; 9 – вентиляторы; 10 – основной радиатор системы охлаждения; 11 – жидкостный насос

*Большой круг* (см. рис. 5.3, б) открывается посредством термостата при  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлаждающая жидкость из головки блока цилиндров поступает к радиатору, оттуда – в нижнюю часть блока двигателя и затем засасывается насосом.

В электронном термостате 9 (см. рис. 5.3, б) установлено нагревательное сопротивление 3 (рис. 5.4). При подаче на сопротивление 3 тока, оно нагревает наполнитель 2, который, расширяясь, выдвигает штифт 1. Он давит на малую клапанную тарелку 8 (см. рис. 5.3, б), которая закрывает поток жидкости от двигателя 4 (см. рис. 5.3, а) к жидкостному насосу 7 (см. рис. 5.3, б).

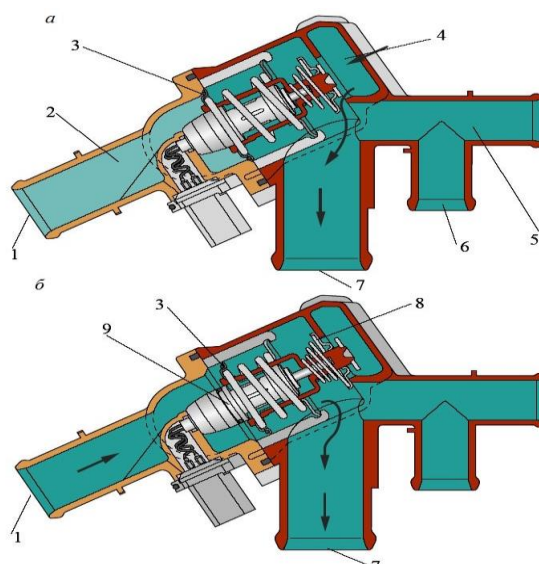


Рис. 5.3. Схема работы распределителя охлаждающей жидкости с электронным термостатом:

*а* – циркуляция жидкости по малому кругу; *б* – циркуляция жидкости по большому кругу:  
 1 – поток жидкости от основного радиатора; 2 – зона отстоя охлаждающей жидкости при закрытой клапанной тарелке; 3 – большая клапанная тарелка; 4 – поток жидкости от двигателя; 5 – поток жидкости от системы отопления; 6 – поток жидкости от масляного радиатора; 7 – поток жидкости от жидкостного насоса; 8 – малая клапанная тарелка; 9 – электронный термостат

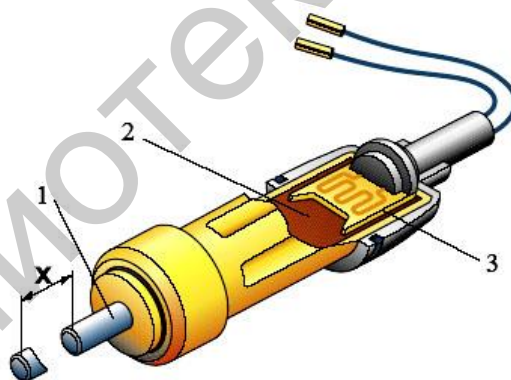


Рис. 5.4. Электронный термостат:

1 – штифт; 2 – наполнитель; 3 – дополнительное сопротивление

### **5.3. Гидравлическая муфта привода вентилятора двигателя автомобиля**

Для привода вентиляторов используются гидравлические муфты (рис. 5.5).

В корпусе **12** муфты (см. рис. 5.5, *а*) приводной диск **9** связан с фланцем **10** привода вентилятора. Муфта имеет рабочую полость **11** и полость запаса **1**, которые заполняются силиконовой жидкостью, резко изменяющую свою вязкость при колебаниях температуры.

При холодном двигателе (рис. 5.5, а) пластинчатый пружинный клапан 2 закрывает отверстие 6, так как на штифт 3 давит биметаллическая пластина 4, что предотвращает перетекание рабочей силиконовой жидкости из полости за- паса 1 в рабочую полость муфты 11. При этом приводной диск 9 не омывается силиконовой жидкостью и не приводит во вращение вентилятор.

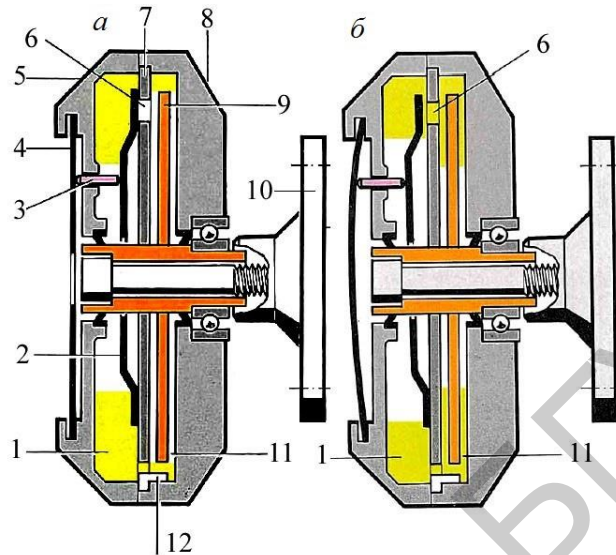


Рис. 5.5. Гидравлическая муфта привода вентилятора:  
 а – холодный двигатель; б – прогретый двигатель: 1 – полость запаса масла;  
 2 – пластинчатый пружинный клапан; 3 – регулировочный штифт;  
 4 – биметаллическая полоса; 5 – обечайка вентилятора;  
 6 – отверстие перетекания рабочей жидкости; 7 – промежуточный диск;  
 8 – ступица вентилятора; 9 – приводной диск; 10 – фланец; 11 – рабочая полость;  
 12 – корпус муфты

По мере прогрева двигателя (рис. 5.5, б) (до  $85^{\circ}\text{C}$ ) биметаллическая пластина 4 выгибается и штифт 3 освобождает пластинчатый пружинный клапан 2. При этом силиконовая жидкость повышенной вязкости из полости запаса 1 перетекает в рабочую полость муфты 11, омывает приводной диск 9, заставляя вращаться диск, корпус муфты 12 и связанный с ней вентилятор (через фланец 10). Чем выше будет температура нагрева двигателя, тем с большей скоростью будет вращаться вентилятор.

Применение электрического жидкостного насоса в системе охлаждения двигателя (рис. 5.6) позволяет:

- достигать более четкого соблюдения внутреннего давления;
- снизить потери на перемещение потоков охлаждающей жидкости;
- обеспечить требуемые потоки охлаждающей жидкости вне зависимости от частоты вращения коленвала (что характерно для механического насоса);
- быстро прогреть двигатель и масло;
- снижать трение;
- уменьшать расход топлива;
- снижать потребление электроэнергии.



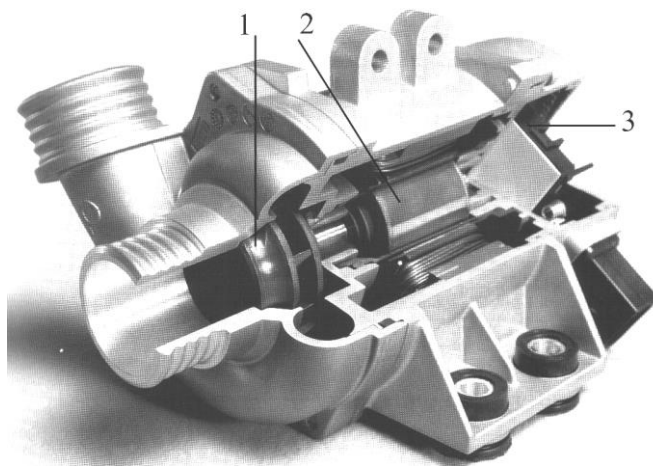


Рис. 5.6. Электрический жидкостный насос:

1 – крыльчатка; 2 – электродвигатель со статором, защищенным от воздействия жидкости;  
3 – электронная исполнительная система

Электрические жидкостные насосы могут применяться и в качестве дополнительных к основному насосу.

При остановке двигателя с механическим приводом жидкостного насоса циркуляция охлаждающей жидкости прекращается, что может привести к локальному *перегреву головки блока цилиндров*.

*Дополнительный электрический насос* охлаждающей жидкости обеспечивает циркуляцию жидкости после выключения двигателя. Одновременно с дополнительным насосом включается также *вентилятор системы* охлаждения двигателя.

## 6. Система смазки двигателя автомобиля

### 6.1. Назначение и принцип работы системы смазки двигателя автомобиля

*Назначение* системы смазки двигателя – подвод к трущимся деталям двигателя достаточного количества масла для:

- уменьшения трения между деталями;
- охлаждения поверхностей деталей;
- удаления частиц металла (образующихся вследствие износа деталей);
- защита деталей от коррозии.

В современных автомобильных двигателях применяется *комбинированная система смазки*:

- 1) *под давлением* (создаваемым масляным насосом) смазываются наиболее нагруженные детали (подшипники коренные, шатунные, распредвала и др.);
- 2) *путем разбрызгивания* масла (коленчатым валом и другими вращающимися деталями) смазываются все остальные детали.

*Принцип работы* системы смазки двигателя. Масло из поддона двигателя (рис. 6.1) засасывается масляным насосом **9** через маслозаборник с сетчатым фильтром, предотвращающим попадание в масло крупных частиц.

Из насоса **9** масло под давлением подается через масляный радиатор **6** в масляный фильтр **3**, где очищается от механических примесей и проходит в главную масляную магистраль с датчиком давления **4**.

Из главной магистрали масло поступает к коленвалу (вниз), опорам распределительного вала (вниз), в цилиндры (вверх) через форсунки охлаждения поршней **14** к турбонагнетателю **13**, к впускным и выпускным клапанам головки блока цилиндров (вверх), к вакуумному насосу **1** (вверх).

Перепускные клапана **2, 5, 7, 8** регулируют давление масла.

Вытекающее через зазоры в подшипниках масло разбрызгивается движущимися деталями кривошипно-шатунного механизма и газораспределительного механизма и в виде капель и масляного тумана попадает на другие детали двигателя.

Из полости головки блока цилиндров под действием силы тяжести масло стекает обратно в поддон, смазывая при этом детали привода газораспределительного механизма.

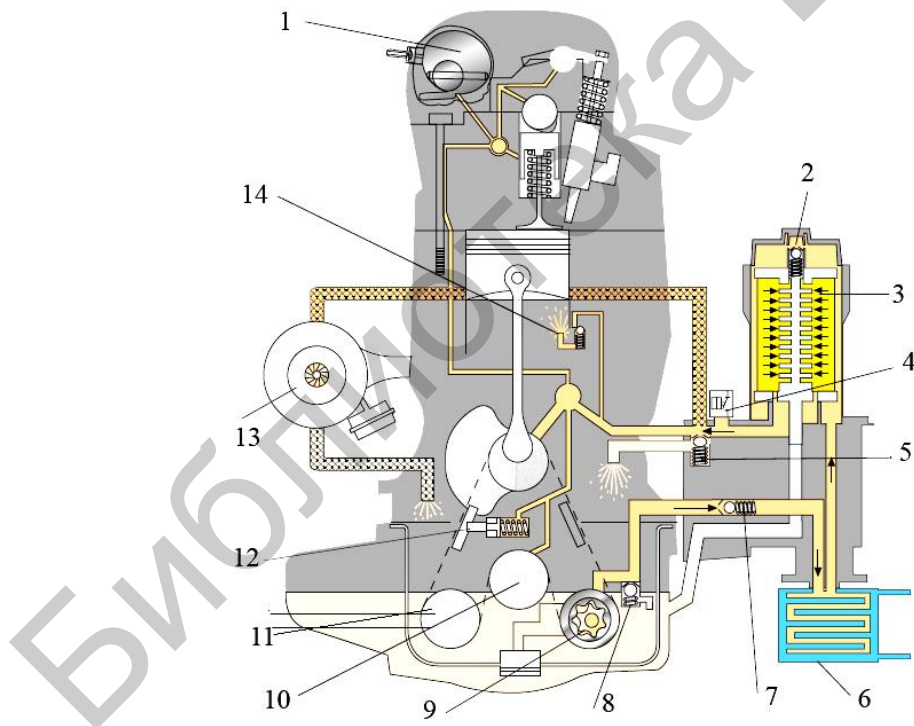


Рис. 6.1. Система смазки двигателя автомобиля:

- 1 – вакуумный насос; 2, 5, 7, 8 – перепускные клапана; 3 – масляный фильтр;
- 4 – датчик давления; 6 – масляный радиатор; 9 – масляный насос; 10 – балансирный вал;
- 11 – привод вспомогательных агрегатов; 12 – гидравлический натяжитель цепи;
- 13 – турбонагнетатель; 14 – форсунка охлаждения поршня

## 6.2. Масляные насосы в системе смазки двигателя автомобиля

В настоящее время *используются*:

- 1) шестеренчатые насосы: с внешним и внутренним зацеплением шестерен (без разделительного серпа и с разделительным серпом);
- 2) регулируемые героторные насосы;
- 3) пластинчатые (шиберные) насосы;
- 4) масляные насосы с маятниковыми золотниками.

**Шестеренчатые насосы с внешним** зацеплением шестерен (рис. 6.2), одна из которых является ведущей, а вторая – ведомой. При вращении зубья, *не находящиеся* в данный момент времени в зацеплении, увлекают прокачиваемое масло из зоны всасывания в зону нагнетания.

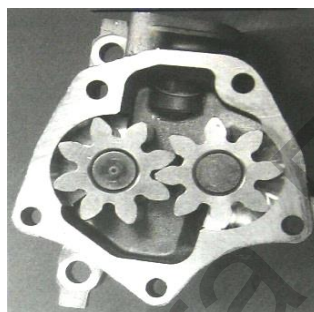


Рис. 6.2. Шестеренчатый насос с внешним зацеплением шестерен

*Преимущество*: высокая производительность.

*Недостаток*: невозможно достичь высокого давления нагнетания масла.

**Шестеренчатые насосы с внутренним** зацеплением шестерен *без разделительного серпа* (рис. 6.3): *ведущая – внутренняя* шестерня за счет зацепления приводит во вращение наружную. Число зубьев различается на **1**, т. е.  $n_{\text{внутр}} = n_{\text{наруж}} - 1$ .

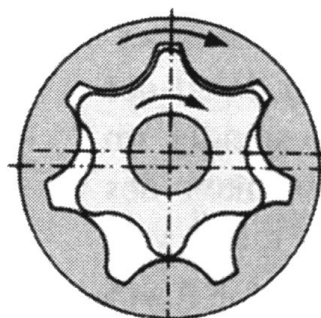


Рис. 6.3. Схема масляного насоса без разделительного серпа

Если масляный насос приводится в движение непосредственно коленчатым валом двигателя, то типичные числа зубьев 8/9 ... 13/14.

Если масляный насос расположен в масляной ванне, то соотношение зубьев 4/5 ... 7/8 (обычно 6/7).

**Шестеренчатые насосы с разделительным серпом** (рис. 6.4). Между зубьями роторов (в месте их наибольшего удаления друг от друга) имеется специальная *серповидная перегородка (серп)*, предназначенная для уплотнения полостей нагнетания.

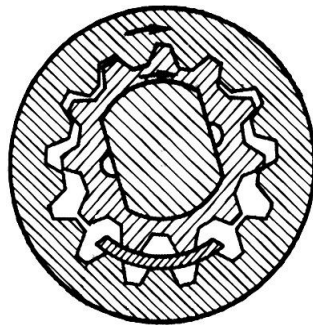


Рис. 6.4. Схема масляного насоса с разделительным серпом

*Преимущество:* более высокое рабочее давление.

*Недостаток:* несколько большие габаритные размеры по сравнению с конструкцией без серпа.

Шестеренчатые насосы приводятся в движение только непосредственно от коленвала.

**Регулируемые героторные насосы.** Регулируемый героторный масляный насос (рис. 6.5) способен поддерживать давление масла на уровне  $3,5 \text{ кгс/см}^2$  за счет изменения подачи масла практически во всем рабочем диапазоне скоростных режимов.

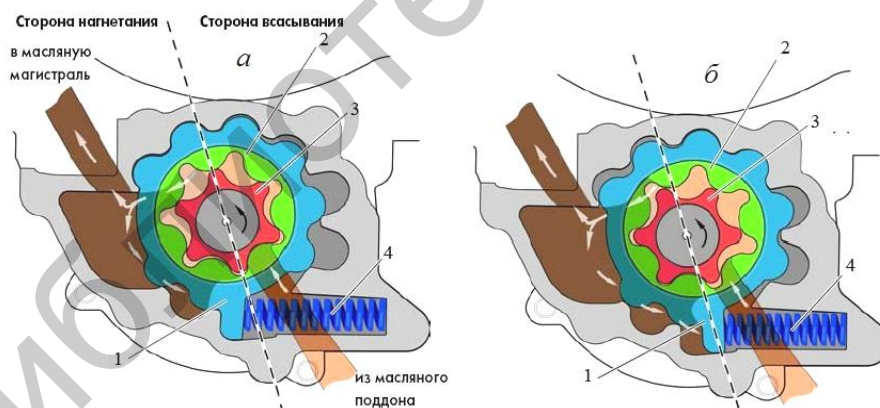


Рис. 6.5. Регулируемый героторный масляный насос:

*а* – при давлении масла ниже  $3,5 \text{ кгс/см}^2$ ; *б* – при давлении масла выше  $3,5 \text{ кгс/см}^2$ :

1 – промежуточный корпус; 2 – наружный ротор; 3 – внутренний ротор;

4 – пружина регулятора

**Принцип работы.** Регулирование подачи масла производится с помощью промежуточного кольцевого корпуса 1, на который действует пружина регулятора 4 (см. рис. 6.5). Вращающийся вместе с ведущим валом внутренний ротор 3 увлекает за собой наружный ротор 2. Так как оси роторов 2 и 3 не совпадают, при их вращении на стороне всасывания (рис. 6.5, а) происходит увеличе-

ние объемов между зубьями, в результате чего всасываемое масло перемещается в сторону нагнетания (см. рис. 6.5, а). На стороне нагнетания объемы между зубьями при дальнейшем вращении роторов вновь уменьшаются, в результате чего масло *вытесняется в масляную магистраль* системы (см. рис. 6.5, а).

На рис. 6.5, а показан принцип работы героторного насоса *при давлении масла ниже 3,5 кгс/см<sup>2</sup>*. При давлении масла ниже 3,5 кгс/см<sup>2</sup> пружина регулятора **4** *растягивается* и отжимает промежуточный кольцевой корпус **1**, поворачивая его по часовой стрелке. При этом изменение положения внутреннего ротора **3** *увеличивает* объем между зубьями наружного **2** и внутреннего **3** ротора. При этом *растет* количество масла, подаваемого со стороны всасывания на сторону нагнетания и далее в магистраль системы смазки.

*Увеличение подачи масла приводит к повышению его давления.*

На рис. 6.5, б показан принцип работы героторного насоса *при давлении масла выше 3,5 кгс/см<sup>2</sup>*. При давлении масла выше 3,5 кгс/см<sup>2</sup> пружина регулятора **4** *сжимается* и промежуточный кольцевой корпус **1** поворачивается *против часовой стрелки*, тем самым *уменьшая* объем между зубьями роторов **2** и **3**. При этом количество масла, подаваемого в магистраль системы, *уменьшается* и, как следствие, *падает* давление масла.

**Пластинчатые (шиберные) масляные насосы.** Для регулирования производительности насоса в зависимости от числа оборотов привода разработан пластинчатый (шиберный) масляный насос (рис. 6.6). Такой насос позволяет регулировать производительность за счет смещения наружного статора относительно центра вращения ротора.



Рис. 6.6. Конструкция пластинчатого (шиберного) масляного насоса

**Преимущество:** при максимальной частоте вращения коленвала этот насос потребляет лишь 50 % приводной мощности (по сравнению с шестеренчатыми насосами), что способствует снижению расхода топлива.

#### **Масляные насосы с маятниковыми золотниками**

Такие насосы позволяют *изменять рабочий объем* путем изменения *эксцентриситета* наружного ротора относительно центрального, а следовательно, и давление масла, производительность, а также снизить механическую мощность привода до 2 кВт. Эксцентриситет меняется при помощи *регулирующего*

поршня 3, который в зависимости от давления масла изменяет положение наружного ротора (рис. 6.7).

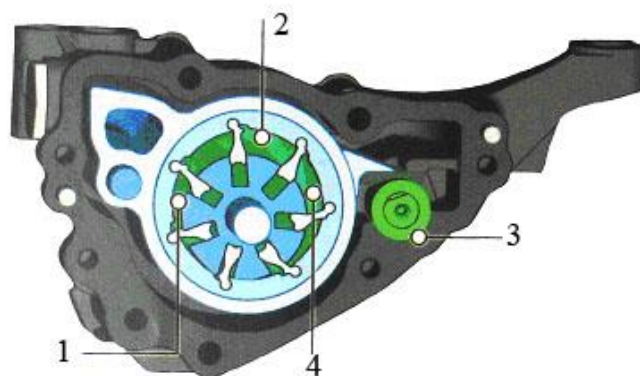


Рис. 6.7. Конструкция объемного масляного насоса с золотниками маятникового типа:

- 1 – зона нагнетания; 2 – рабочий объем при максимальном эксцентриситете;  
3 – поршень регулирования эксцентриситета; 4 – зона всасывания

## 7. Система вентилирования картера двигателя автомобиля

### 7.1. Методы вентилирования картера двигателя автомобиля

Утечка газов в пространство картера из одного цилиндра составляет от 10 до 30 л/мин. Кроме того, картерные газы обогащаются частицами масла:

- в зоне работы маслосъемных колец поршней;
- в масляной ванне, где образуется масляный аэрозоль в результате постоянного перемешивания масла в масляной ванне вращающимся коленвалом.

Поэтому фильтрующие модули в составе системы смазки современных двигателей автомобилей имеют специальную систему отделения моторного масла от картерных газов – *масляные сепараторы*.

Существуют следующие методы удаления картерных газов:

1. *Отвод картерных газов в атмосферу*, который сегодня не соответствует требованиям по охране окружающей среды.

2. *Возвращение картерных газов во впускной коллектор двигателя*. Это снижает выброс в окружающую среду картерных газов, но из-за содержания в картерных газах частиц масла:

- появляются отложения на горячих конструкциях двигателя, например на лопатках турбокомпрессора, что приводит к снижению срока его службы; на элементах системы охлаждения впускного воздуха;
- замасливается впускной тракт двигателя;
- повышается содержание твердых частиц в выхлопных газах.

В связи с этим системы вентилирования картера современного двигателя должны обеспечивать отделение частиц масла от выхлопных газов.

## 7.2. Принцип работы фильтрующего блока картерных газов на основе масляного сепаратора с синтетическим маслоотделителем

В масляном сепараторе (рис. 7.1) в качестве отделителя масла используется задерживающее синтетическое волокно (фильтр) **1**. Задержанное таким образом масло **4** собирается на дне корпуса масляного сепаратора и через отверстие возвращается обратно в масляную ванну двигателя.

Однако в процессе эксплуатации *фильтрующего блока* (рис. 7.2) синтетическое волокно **1** загрязняется смолистыми веществами (отработанное и старое масло и его окисления), а также твердыми частицами углерода в форме сажи. Загрязнение фильтрующей ткани ведет к ухудшению прохождения через нее картерных газов, а значит, к ухудшению работы системы вентиляции картера двигателя, и к необходимости замены синтетического фильтра **1** масляного сепаратора.

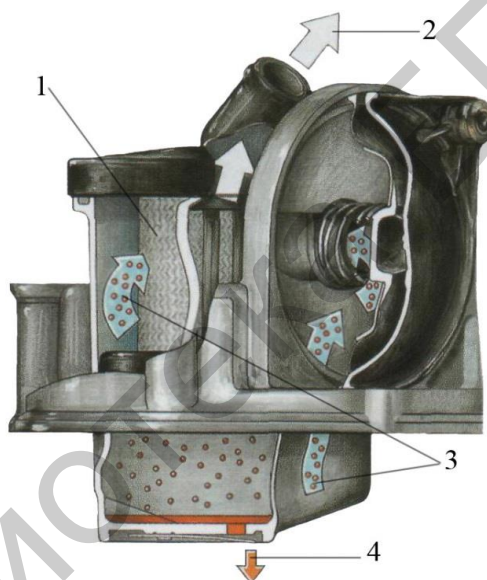


Рис. 7.1. Масляный сепаратор с синтетическим отделителем:  
1 – синтетический фильтр; 2 – картерные газы, очищенные от масла; 3 – картерные газы, содержащие частицы масла; 4 – отделенное масло

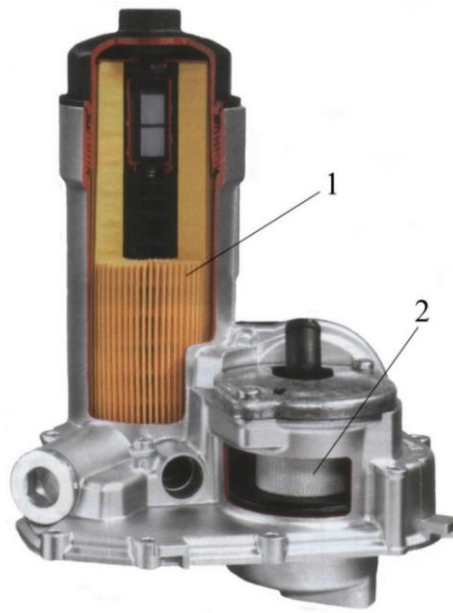


Рис. 7.2. Внешний вид фильтрующего блока:

1 – синтетический фильтр; 2 – картерные газы, очищенные от масла; 3 – картерные газы, содержащие частицы масла; 4 – отделенное масло

### ***7.3. Принцип работы системы вентиляции картера двигателя автомобиля с циклонным маслоотделителем***

Вместо фильтрующей ткани из синтетического волокна в системах вентиляции картера современных автомобилей стали применять *циклонные маслоотделители* (рис. 7.3).

Картерные газы из картера двигателя подаются в циклонный маслоотделитель **1, 2**, который приводит воздух во вращательное движение. Благодаря центробежной силе масляный туман ударяется о стенку маслоотделителя и в виде капель масла стекает в масляный поддон. Очищенный воздух через клапан регулировки давления (рис. 7.4) масляного сепаратора **2** (см. рис. 7.3) подводится в канал забора воздуха двигателя. На рис. 7.3 указаны **3** – охладитель воздуха (радиатор); **5** – поршневые кольца.



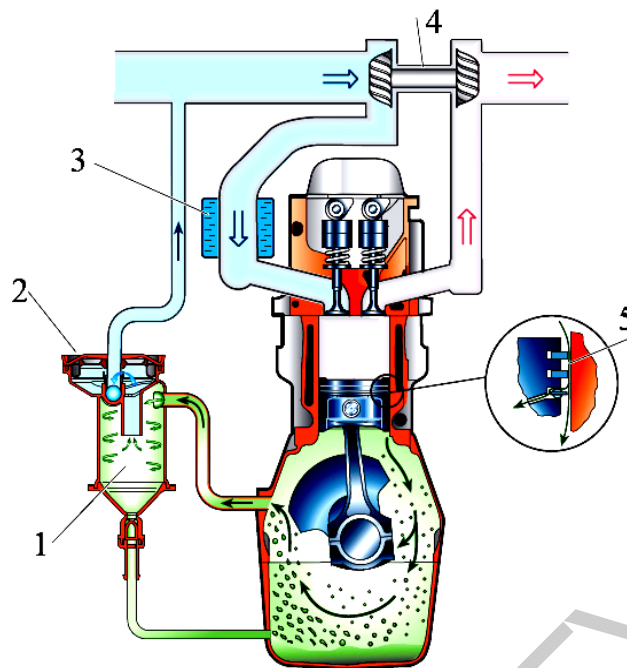


Рис. 7.3. Принцип работы системы вентиляции картера двигателя с циклонным маслоотделителем:  
 1 – масляный фильтр; 2 – масляный сепаратор

Клапан регулировки давления (см. рис. 7.4) находится в крышке масляного сепаратора **2** (см. рис. 7.3) циклонного маслоотделителя **1, 2** (см. рис. 7.3). Клапан ограничивает разрежение в канале забора воздуха, так как при сильном разрежении могут быть повреждены сальники двигателя и другие резиновые уплотнители. Клапан состоит из мембраны **3** (см. рис. 7.4) и пружины сжатия **4**. При незначительном разрежении (рис. 7.4, *а*) в канале забора воздуха клапан открыт. При сильном разрежении (рис. 7.4, *б*) клапан под действием пружины **4** закрывается.

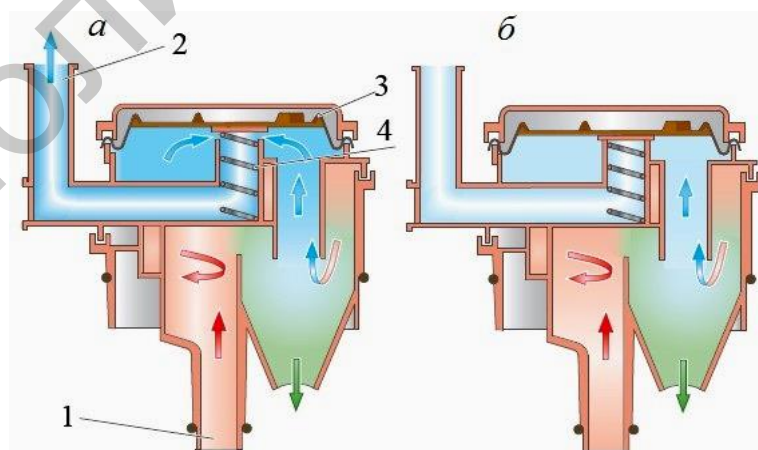


Рис. 7.4. Схема работы клапана регулировки давления циклонного маслоотделителя:  
*а* – открытое положение клапана; *б* – закрытое положение клапана: 1 – трубопровод подачи картерных газов; 2 – трубопровод забора воздуха; 3 – мембрана; 4 – пружина сжатия

## 8. Система пуска двигателя автомобиля

### 8.1. Структурная схема системы пуска двигателя автомобиля

Пусковая частота вращения коленчатого вала бензинового двигателя автомобиля должна быть достаточной для подготовки к воспламенению топливно-воздушной смеси от электрической искры.

Для дизельных двигателей температура в цилиндре в момент подачи топлива должна превышать температуру самовоспламенения топлива.

*Требуемая пусковая частота:*

а) для бензиновых двигателей автомобилей: 40...85 об./мин;

б) для дизельных двигателей автомобилей: 50...200 об./мин.

В структурную схему системы пуска (рис. 8.1) двигателя автомобиля входят:

1. *Основные элементы:* аккумуляторная батарея и электродвигатель.

Свинцовая аккумуляторная батарея – химический источник тока, поэтому в электростартерах используют электродвигатели постоянного тока.

2. *Вспомогательные элементы:* электромагнитное тяговое реле, дополнительное реле и реле блокировки, которые обеспечивают:

а) автоматическое дистанционное включение;

б) автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя;

в) предотвращение включения стартера при работающем двигателе.

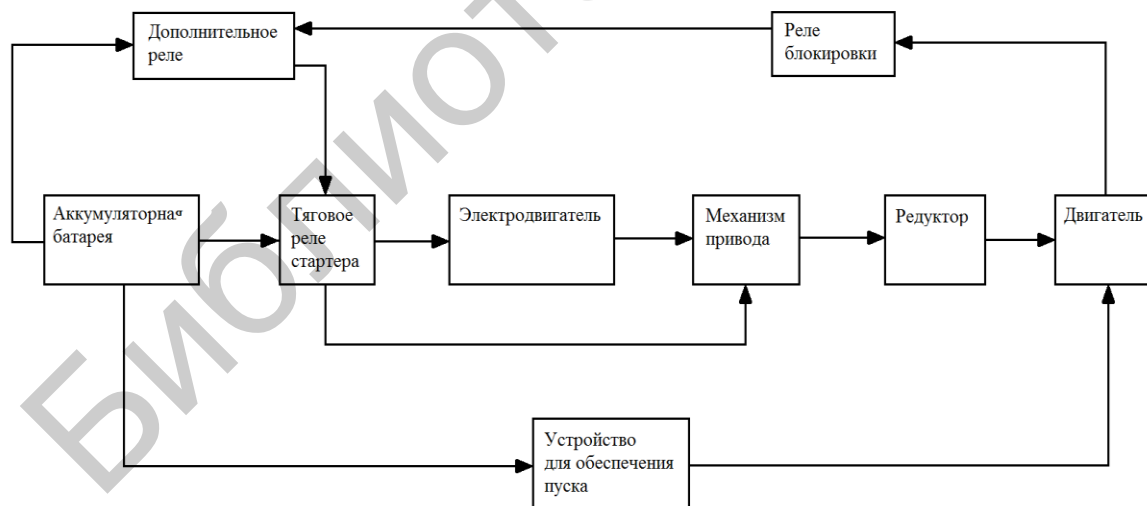


Рис. 8.1. Структурная схема системы пуска

Также к вспомогательным элементам относят механизм привода, редуктор и устройство для облегчения пуска двигателя (подогреватели топлива (воздуха) в зимнее время (в основном в дизельных двигателях)).

## 8.2. Конструкции электростартеров системы пуска двигателя автомобиля

Автомобильные электростартеры отличаются:

- по способу управления и возбуждения;
- по типу механического привода;
- по способу крепления на двигателе;
- по степени защиты от проникновения пыли и воды.

По типу и принципу работы *приводных механизмов* выделяют:

1) стартеры с электромеханическим перемещением шестерни привода (рис. 8.2);

2) стартеры с инерционным и комбинированным приводом.

Для предотвращения «разноса» якоря **18** (см. рис. 8.2) стартера после пуска двигателя в автомобильные электростартеры устанавливают муфты свободного хода **2** (роликовые, храповые (с жестким зацеплением «зуб за зуб») и фрикционно-храповые (бендикс + жесткое зацепление «зуб за зуб»)).

*К основным узлам и деталям* электростартера с электромеханическим включением относятся (см. рис. 8.2):

- корпус **22** с полюсами **21** и катушками обмотки возбуждения **20**;
- якорь **24** с обмоткой и коллектором **16**;
- механизм привода с муфтой свободного хода **2**, шестерней **1** и буферной пружиной **4**;
- электродвигатель со щеточным узлом, щеткодержателями **15**, щетками **19** и щеточными пружинами **14**.

*Преимущество* цилиндрического редуктора с *внешним* зацеплением: технологичность изготовления его зубчатых колес.

*Недостатки:*

- увеличение высоты стартера по сравнению со стартерами без редуктора из-за смещения осей стартерного электродвигателя и привода на 30–50 мм (рис. 8.3);
- появление радиальной нагрузки на вал якоря электродвигателя (что требует применения подшипников качения).

*Преимущество* цилиндрического редуктора с *внутренним* зацеплением: меньше смещение осей электродвигателя и привода, что облегчает компоновку стартера на двигателе.

*Недостатки:*

- повышенная сложность изготовления зубчатых колес;
- присутствие радиальной нагрузки на вал электродвигателя.

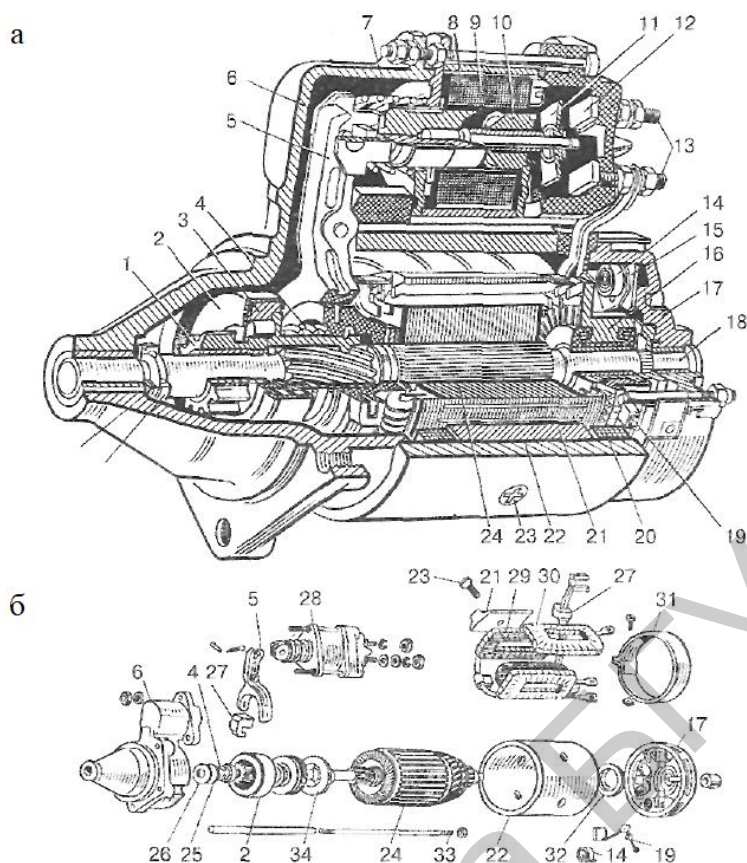


Рис. 8.2. Электростартер СТ221:

- a* – общий вид; *б* – детали: 1 – шестерня привода; 2 – муфта свободного хода; 3 – ведущая обойма муфты свободного хода; 4 – буферная пружина; 5 – рычаг включения привода; 6 – крышка со стороны привода; 7 – возвратная пружина; 8 – корпус тягового реле; 9 – обмотка тягового реле; 10 – сердечник тягового реле; 11 – подвижная контактная пластина; 12 – неподвижный контакт; 13 – контактные болты; 14 – щеточная пружина; 15 – щеткодержатель; 16 – коллектор; 17 – крышка со стороны коллектора; 18 – вал якоря с винтовыми шлицами; 19 – щетка; 20 – катушка обмотки возбуждения; 21 – полюс; 22 – корпус стартера; 23 – полюсный винт; 24 – якорь электродвигателя; 25 – упорное кольцо; 26 – регулировочная шайба; 27 – резиновые заглушки; 28 – тяговое реле; 29 – последовательная обмотка возбуждения; 30 – параллельная обмотка возбуждения; 31 – защитная лента; 32 – тормозной диск; 33 – стяжная шпилька; 34 – ограничитель хода шестерни

Для устранения смещения осей стартерного электродвигателя и привода в настоящее время применяют электростартер с планетарным редуктором (рис. 8.4). Основные элементы планетарного редуктора: внешнее зубчатое колесо, закрепленное в корпусе редуктора **9**, в котором в подшипнике вращается водило **10** с зубчатыми шестернями – сателлитами **11**.

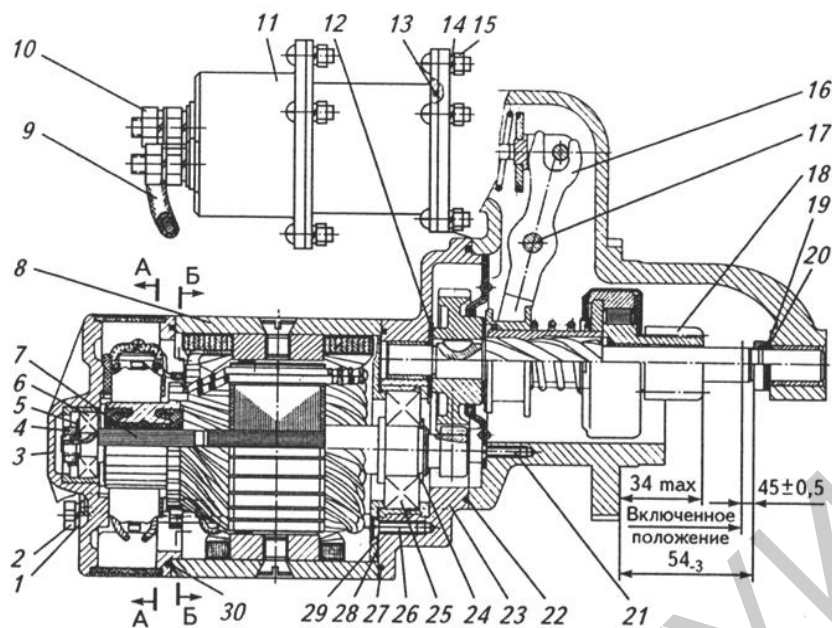


Рис. 8.3. Стартер со встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением:

- 1, 14 – пружинные шайбы; 2 – стяжной болт; 3 – крышка со стороны коллектора;  
 4, 15 – гайки; 5 – стопорная шайба; 6, 25 – подшипники; 7 – якорь в сборе; 8 – корпус;  
 9 – перемычка; 10 – гайка контактного болта тягового реле; 11 – тяговое реле; 12 – шайба;  
 22, 27, 30 – уплотнительные кольца; 16 – рычаг в сборе; 17 – ось рычага;  
 18 – шестерня привода; 19 – упорная шайба; 20 – регулировочная шайба; 21, 26 – винты;  
 23 – корпус редуктора в сборе; 24 – кольцо; 28 – регулировочная прокладка;  
 29 – крышка подшипника

*Преимущества планетарного редуктора:*

- соосность осей электродвигателя и привода (что упрощает компоновку двигателя и его сборку);
- отсутствие радиальной нагрузки на вал электродвигателя (что дает возможность применять для вала якоря подшипники скольжения).

*Недостаток:* сложная технология изготовления деталей редуктора.

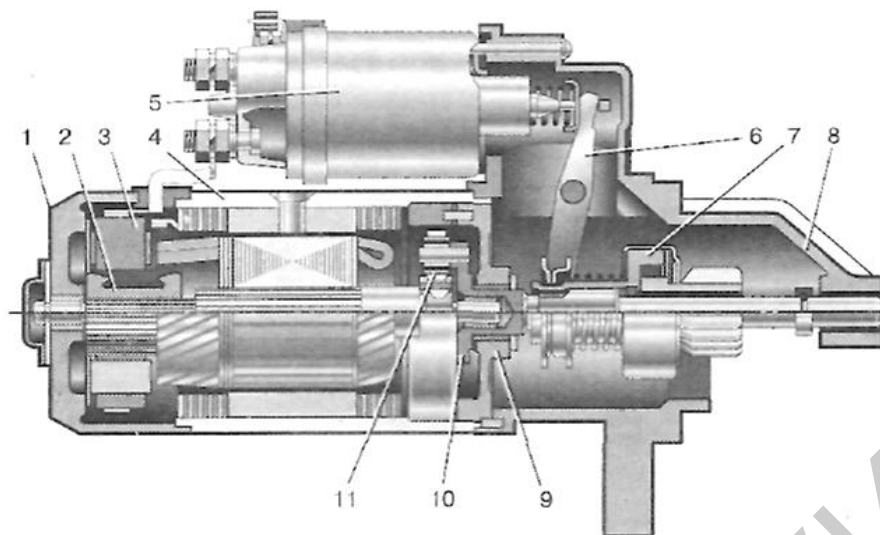


Рис. 8.4. Электростартер с планетарным редуктором:

- 1 – крышка со стороны коллектора; 2 – коллектор; 3 – щеткодержатель; 4 – корпус стартера;  
 5 – тяговое реле; 6 – рычаг включения привода; 7 – муфта свободного хода;  
 8 – крышка со стороны привода; 9 – корпус редуктора с солнечной шестерней;  
 10 – водило; 11 – шестерни-сателлиты

## 9. Трансмиссия автомобиля

### 9.1. Виды трансмиссии автомобиля, ее функции и состав

Все, что связывает двигатель автомобиля с его ведущими колесами, составляет **трансмиссию**.

**Функции** трансмиссии с ее ведущими колесами:

- 1) передает крутящий момент от двигателя к ведущим колесам автомобиля;
- 2) изменяет величину и направление крутящего момента;
- 3) перераспределяет крутящий момент между ведущими колесами.

**Виды трансмиссии:**

- *механическая*;
- *электрическая* (преобразует механическую энергию в электрическую и обратно);
- *гидрообъемная* (преобразует механическую энергию в энергию потока жидкости и обратно);
- *комбинированная «гибриды»* (электромеханическая, гидромеханическая и т. д.);
- *автоматическая* (механическая или гидромеханическая (изменение крутящего момента в которой происходит автоматически)).

В качестве **ведущих колес** могут использоваться:

- *задние* (заднеприводный автомобиль);
- *передние* (переднеприводный автомобиль);
- *задние и передние* (полноприводный автомобиль).

**Состав** элементов трансмиссии заднеприводного автомобиля включает: сцепление, коробка передач, карданная передача, главная передача, дифференциал, полуоси (приводные валы).

**Назначение элементов трансмиссии.**

**Сцепление:**

- а) кратковременно отделяет двигатель от трансмиссии;
- б) плавно их соединяет при переключении передач;
- в) предохраняет элементы трансмиссии от перегрузок.

**Коробка передач:**

- а) изменяет крутящий момент, скорость и направление движения автомобиля (вперед-назад);
- б) разъединяет двигатель и трансмиссию на длительное время (при стоянке).

**Карданная передача** – обеспечивает передачу крутящего момента от вторичного вала коробки передач на вал главной передачи.

**Главная передача** – служит для увеличения крутящего момента и передачи его на полуоси ведущих колес.

**Дифференциал** – предназначен для распределения крутящего момента между ведущими колесами с целью вращения полуосей с разными скоростями при повороте автомобиля.

**Состав** элементов трансмиссии *переднеприводного* автомобиля: сцепление, коробка передач, дифференциал, шарниры равных угловых скоростей (ШРУС), полуоси (приводные валы).

На *переднеприводных* автомобилях *главная передача* и *дифференциал* размещаются в картере коробки передач.

**ШРУС** (шарниры равных угловых скоростей) служат для передачи крутящего момента от дифференциала к ведущим колесам: два *шарнира* внутренние (для соединения с дифференциалом) и два *шарнира* внешние (для соединения с колесами). Между шарнирами расположены *полуоси* (приводные валы).

## **9.2. Механическая муфта сцепления автомобиля**

*Состояние* сцепления (рис. 9.1) «включено» обеспечивается усилием прижимных пружин **2**, за счет которых через прижимной диск **4** к поверхности маховика **6** прижат ведомый фрикционный диск **5**.

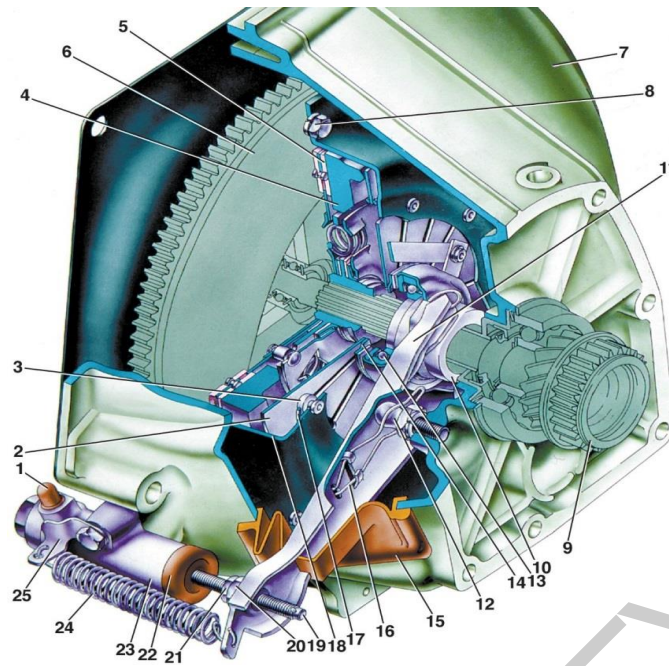


Рис. 9.1. Механическая муфта сцепления:

- 1 – штуцер; 2 – прижимные пружины; 3 – крепление пружин; 4 – прижимной диск; 5 – фрикционный диск; 6 – маховик; 7 – кожух; 8 – крепление корзины; 9 – шестерня коробки передач; 10 – муфта; 11 – вилка; 12 – опора вилки; 13 – выжимной подшипник; 14 – опорное кольцо; 15 – защитный кожух; 16 – фиксатор вилки; 17 – шайба; 18 – корзина; 19 – толкатель; 20 – регулировочная гайка; 21 – контргайка; 22 – защитный колпачок; 23 – рабочий цилиндр; 24 – пружина; 25 – крепление рабочего цилиндра

Плавное «выключение» сцепления осуществляется через гидравлический привод **23**. Толкатель **19** привода **23** передает усилие на выжимную вилку **11**, которая через выжимной подшипник **13**, воздействуя на прижимные пружины **2**, отводит прижимной диск **4** от фрикционного диска **5** и маховика **6**. Передача крутящего момента от маховика **6** фрикционному диску **5** (соединенному с первичным валом коробки передач) прекращается.

### 9.3. Система автоматического управления сцеплением автомобиля

Универсальный электрогидравлический **актюатор** (*исполнительный механизм*) выключения сцепления – управляемый поршень (рис. 9.2).



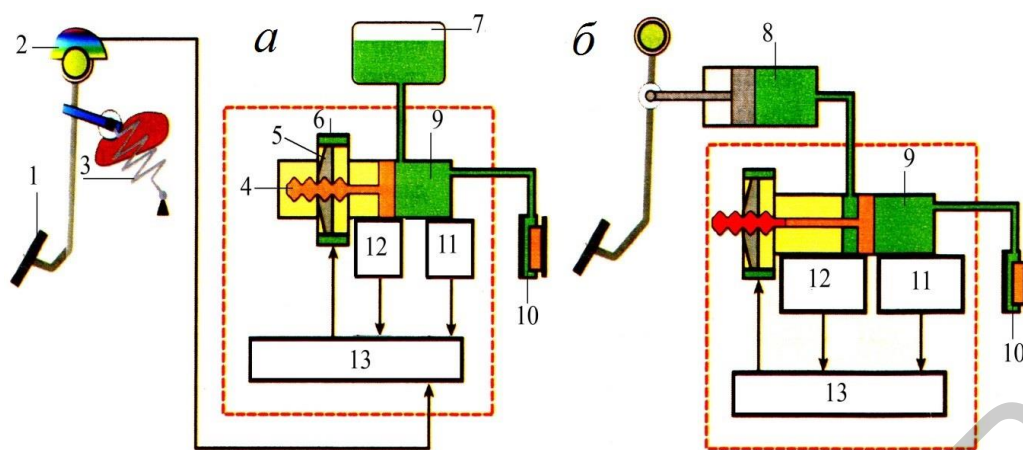


Рис. 9.2. Универсальный электрогидравлический исполнительный механизм выключения сцепления:

- а* – управление по сигналу датчика педали; *б* – управление по датчику давления:  
 1 – педаль сцепления; 2 – датчик педали сцепления; 3 – пружина;  
 4 – поршень с винтовым штоком; 5 – ротор электродвигателя; 6 – электродвигатель;  
 7 – питательный бачок; 8 – дополнительный главный цилиндр; 9 – главный цилиндр;  
 10 – рабочий цилиндр; 11 – датчик положения поршня; 12 – датчик давления;  
 13 – электронный блок управления

На рис. 9.2, *а* изображен механизм выключения сцепления *по сигналу датчика педали 2*.

Исполнительный механизм содержит главный цилиндр 9, поршень с винтовым штоком 4 и бесщеточный электродвигатель 6 постоянного тока (см. рис. 9.2, *а*).

Исполнительный механизм (*актюатор*) управляется электронным блоком управления 13, в который поступает информация от датчиков:

- о положении педали сцепления 2;
- о положении поршня 11;
- о давлении в рабочем цилиндре 12.

Блок управления 13 обрабатывает полученные сигналы, включает электродвигатель 6 и изменяет силу тока в нем. Ротор электродвигателя 5, вращаясь, передвигает шток 4. Шток толкает поршень главного цилиндра 9, и под действием давления жидкости срабатывает рабочий цилиндр 10, поршень которого выключает сцепление.

На рис. 9.2, *б* – конструкция *исполнительного механизма повышенной надежности, которая позволяет выключать сцепление при отказе основной системы, управление механизмом осуществляется по датчику давления 12*.

С педалью сцепления 1 (см. рис. 9.2, *б*) соединен дополнительный гидравлический цилиндр 8, жидкость из которого поступает за поршень главного цилиндра 9, а датчик положения поршня 11 определяет положение поршня главного цилиндра 9 в *данный конкретный* момент времени. В зависимости от полученных сигналов датчиков 12 и 11 блок управления 13 автоматически изменяет силу тока в роторе 5 электродвигателя 6, поворачивая его, а значит, передвигая главный цилиндр 9 на необходимую величину.

Система автоматического управления сцеплением (рис. 9.3), реагирующая на положение педали подачи топлива, устанавливается на автомобилях, предназначенных для инвалидов.

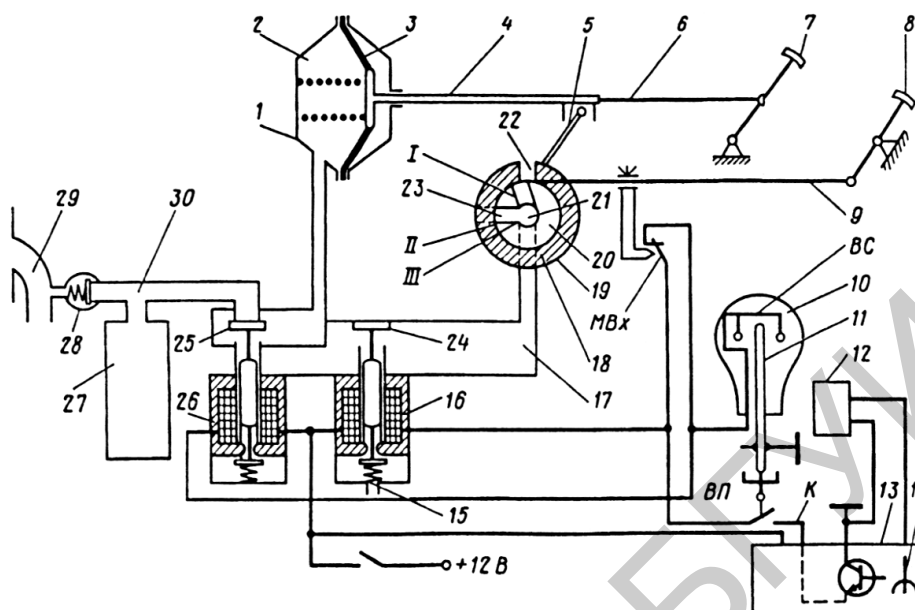


Рис. 9.3. Система автоматического управления сцеплением:

- 1 – вакуумная сервокамера; 2 – полость разрежения; 3 – диафрагма; 4 – шток вакуумной камеры; 5 – рычаг; 6 – тяга; 7 – педаль сцепления; 8 – педаль подачи топлива; 9 – трос; 10 – рукоятка переключения передач; 11 – рычаг рукоятки переключения передач; 12 – датчик; 13 – ЭБУ; 14 – потенциометр; 15 – стравливающее отверстие; 16, 26 – обмотки электромагнитов; 17, 21 – каналы сервокамеры; 18 – корпус золотника; 19 – золотник; 20 – поворотный элемент; 22, 23 – каналы золотника; 24, 25 – соответственно воздушный и вакуумный клапана; 27 – вакуум-ресивер; 28 – клапан; 29 – коллектор; 30 – трубопровод; МВх – контакты микровыключателя; ВП, ВС – электроконтакты выключателей передачи и сцепления; К – клемма ЭБУ

Исполнительное устройство – это вакуумная сервокамера **1** (см. рис. 9.3), в которой между корпусом и диафрагмой **3** расположена полость разрежения **2**, регулирующая режимы включения и выключения сцепления. При установке рычага переключения передач **11** в нейтральное положение и опущенной педали подачи топлива **8**, расположенные в его рукоятке **10** электроконтакты **ВС** и **ВП** (под рычагом **11**) – разомкнуты.

При этом:

- обмотки электромагнитов **16** и **26** отключены от источника электропитания +12 В;
- вакуумный клапан **25** – закрыт;
- полость **2** сервокамеры соединена не с вакуум-ресивером **27**, а с атмосферой (через открытый воздушный клапан **24**).

*Сцепление находится во включенном состоянии (позиция I).*

*При включении какой-либо передачи (при неподвижном автомобиле) на обмотки электромагнитов **16** и **26** подается электропитание через:*

- 1) замкнувшиеся контакты выключателя **ВП**;
- 2) замкнутую выходную цепь ЭБУ (электронного блока управления) **13**.

При этом электромагниты **16** и **26** срабатывают и:

а) воздушный клапан **24** отсоединяет полость **2** от сервокамеры **1**, т. е. от атмосферы;

б) клапан **25** подключает атмосферу к вакуум-серверу **27**.

*Сцепление выключается (позиция II).*

*Для начала движения* водитель нажимает педаль **8** подачи топлива.

При этом:

- контакты микровыключателя **МВх** размыкаются;
- цепь питания обмотки электромагнита **26** размыкается;
- клапан **25** закрывается, отсекая полость **2** сервокамеры **1** от ресивера **27**;
- воздушный клапан **24** остается закрытым, так как обмотка электромагнита **16** остается под напряжением.

Разряжение в полости **2** вакуумной камеры **1** определяется только положением золотника **19**, так как корпус **18** золотника **19** установлен по отношению к его поворотному элементу **20** так, что при опущенной педали подачи топлива **8** и положении штока **4** вакуумной камеры в *левом* положении (при котором сцепление полностью выключено) каналы **22** и **23** золотника **19** соединены между собой. И полость **2** сервокамеры **1** через каналы **17** и **21** соединяется с атмосферой, что приводит к *постепенному* уменьшению в сервокамере разряжения и, как следствие, к перемещению штока **4** *слева направо*.

Движение штока продолжается до тех пор, пока поворотный элемент **20**, поворачиваемый штоком **4**, не *разобьет* каналы **22** и **23**. Как только это произойдет, шток **4** прекратит движение (так как связь полости **2** сервокамеры с атмосферой прерывается).

При дальнейшем перемещении педали подачи топлива **8** трос **9** поворачивает элемент **20**, соединяя каналы **22** и **23**. При этом полость **2** сервокамеры соединяется с атмосферой, а шток **4** перемещается *вправо* (для включения сцепления).

Перемещение прекратится, когда шток **4** опять установится в положение, соответствующее разобщению каналов **22** и **23**. Угол открытия дроссельной заслонки изменяется от минимального (позиция **III** на рис. 9.3) до максимального (при полностью открытом дросселе – позиция **I**).

*После разгона автомобиля* до скорости срабатывания датчика **12** электронный блок управления **13** отключает от массы свою клемму **К**, разрывая цепь питания обмотки электромагнита **16**. При этом воздушный клапан **24** открывается, полость **2** сервокамеры **1** соединяется с атмосферой (независимо от того, в каком положении находятся элементы золотника **19**). *Сцепление блокируется*.

*Принудительное выключение сцепления* в процессе переключения передач на всех частотах вращения коленчатого вала двигателя и любой скорости движения автомобиля обеспечивается замыканием контактов выключения **ВС** (встроенных в рукоятку **10** переключателя передач).

При этом:

- включается электромагнит **26**;
- полость **2** сервокамеры **1** (через открывшийся вакуумный клапан **25**) соединяется с вакуум-ресивером **27**.

*Сцепление полностью выключается.*

*Чтобы не произошло остановки двигателя или «рывков» автомобиля, водитель должен:*

1) сначала полностью отпустить педаль подачи топлива (т. е. замкнуть контакты микровыключателя **МВх**, что соединит полость **2** сервокамеры **1** с ресивером **27**);

2) затем перевести эту педаль в требуемое условиями движения положение.

Эта особенность:

- *положительна* (с точки зрения уменьшения опасности работы сцепления с длительной пробуксовкой);
- *отрицательна* (так как усложняет маневрирование на низких скоростях и ухудшает возможность трогания автомобиля с места при больших подъемах).

#### 9.4. Порошковое сцепление в автомобиле

Ведущим элементом сцепления (рис. 9.4) является маховик **1** с закрепленными на нем магнитопроводами с обмотками возбуждения **3**. Ведомый диск **4** закреплен на ведущем валу коробки передач.

В воздушный зазор **А** (между магнитопроводами **3** и ведомым диском **4**) вводится специальный порошок с высокими магнитными свойствами.

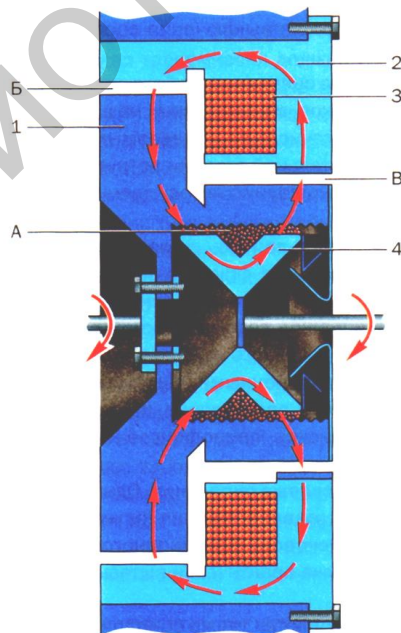


Рис. 9.4. Электромагнитное порошковое сцепление:

А, Б, В – зазоры; 1 – маховик; 2 – неподвижный корпус; 3 – обмотка возбуждения; 4 – ведомый диск

При отсутствии тока в обмотках возбуждения сцепление выключено. При передаче тока частицы порошка выстраиваются по силовым линиям магнитного поля и создается силовое воздействие между ведущими и ведомыми элементами сцепления.

*Достоинство:* управление сцеплением можно перенести с педали сцепления на ручной или кнопочный варианты, что актуально для водителей с ограниченными физическими возможностями.

### **9.5. Схема сцепления на основе магнитореологической жидкости**

При включении соленоида (рис. 9.5) взвесь **3** (MRF) становится густой либо твердой (между ведомым **2** и ведущим **1** дисками) – сцепление включено. При отключении соленоида – сцепление выключается, поскольку магнитное поле пропадает.

*MRF* – есть взвесь сферических микрочастиц карбонального железа размером 1...10 мкм (микрон) в растворителе.

Вместо обычных дисков здесь используются вложенные друг в друга *стаканы* (см. рис. 9.5), что уменьшает центробежную силу, а значит, снижает рост крутящего момента (вне зависимости от желания водителя, т. е. положения педали и команды с ЭБУ).

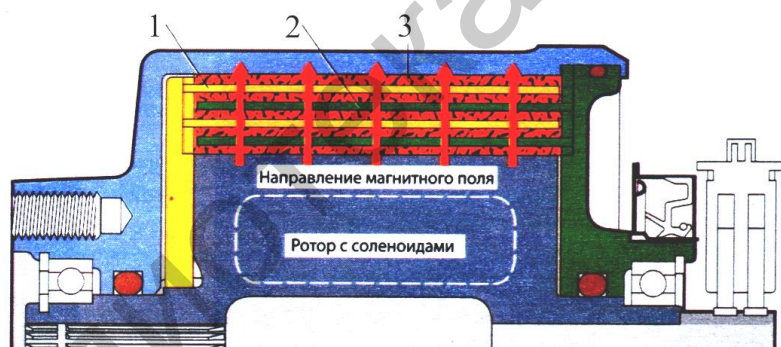


Рис. 9.5. Схема сцепления на основе магнитореологической жидкости:  
1 – ведущие стаканы; 2 – ведомые стаканы; 3 – магнитореологическая жидкость

### **9.6. Механическая трехвальная шестиступенчатая коробка переключения передач автомобиля**

Передача мощности от сцепления **1** на ведущий вал главной передачи (рис. 9.6) осуществляется:

а) через **три вала** с шестернями:

- первичный вал **2**;
- вторичный вал **12**;
- промежуточный вал **13**;

б) через **четыре ступицы** муфт синхронизаторов **4** (их 4):

– 3 ступицы: первой и второй (**первая**) передач, пятой и шестой (**вторая**) передач, заднего хода (**третья**) установлены на *шлицах вторичного вала 12*;

– 1 ступица третьей и четвертой передач (**четвертая**) установлена на промежуточном валу **13**.

Передачи с **первой по четвертую** ступицы – понижающие, **пятая** – прямая (*постоянная*), **шестая** – повышающая.

Ведущая шестерня *постоянной* передачи **3** выполнена как одно целое с первичным валом **2**. Как одно целое со вторичным валом **12** выполнены и ведущие шестерни **третьей (6)** и **четвертой (7)** передач.

Включаемые шестерни **первой (9)**, **второй (8)**, **шестой (5)** передач и шестерня передачи заднего хода **11** установлены на вторичном валу **12** на *игольчатых подшипниках*.

Включаемые шестерни **третьей (18)** и **четвертой (17)** установлены на *промежуточном валу 13* на игольчатых подшипниках, а ведомая шестерня *постоянной передачи 20* закреплена постоянно на шлицах промежуточного вала.

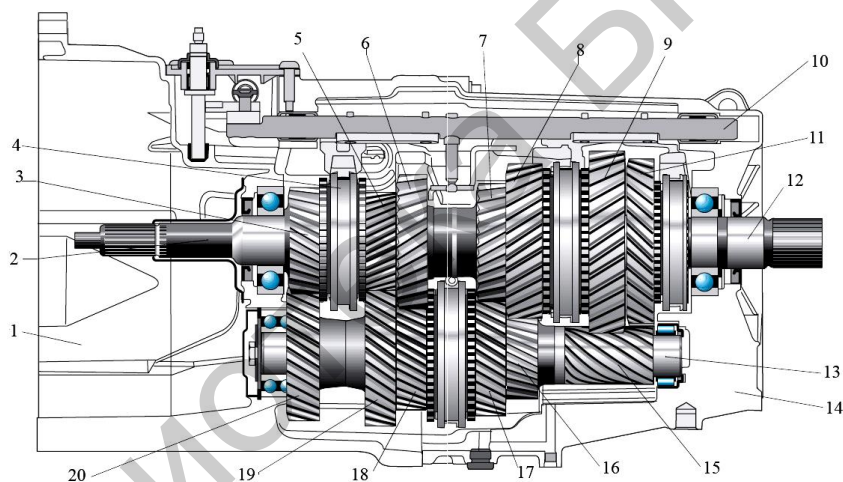


Рис. 9.6. Механическая коробка передач:

- 1 – картер сцепления; 2 – первичный вал; 3 – ведущая шестерня (постоянной передачи) на первичном валу; 4 – муфта синхронизатора; 5 – включаемая шестерня шестой передачи;
- 6 – вращающаяся вместе с валом шестерня третьей передачи; 7 – вращающаяся вместе с валом шестерня четвертой передачи; 8 – включаемая шестерня второй передачи;
- 9 – включаемая шестерня первой передачи; 10 – центральный шток переключения передач;
- 11 – включаемая шестерня передачи заднего хода; 12 – вторичный вал;
- 13 – промежуточный вал; 14 – задняя часть коробки передач; 15 – вращающаяся вместе с валом шестерня первой передачи и передачи заднего хода; 16 – вращающаяся вместе с валом шестерня второй передачи;
- 17 – включаемая шестерня четвертой передачи; 18 – включаемая шестерня третьей передачи;
- 19 – вращающаяся вместе с валом шестерня шестой передачи;
- 20 – ведомая шестерня постоянной передачи

## 9.7. Синхронизированная муфта переключения передач автомобиля

Служит для передачи крутящего момента в коробке передач.

На рис. 9.7:

1 – шлицевой венец выбираемой шестерни коробки передач;

2 – конические блокирующие кольца, синхронизирующие (уравновешивающие) угловую скорость вращения вторичного и промежуточного валов;

3 – наружное кольцо, имеющее:

а) внутренние и наружные шлицы для зацепления с выбранной шестерней;

б) кольцевую канавку для зацепления с вилкой переключения передач;

4 – сухарь, который прижимает коническое блокирующее кольцо 2 к конической поверхности выбранного зубчатого колеса (создавая повышенное трение в зоне контакта, что приводит к выравниванию угловых скоростей зубчатого колеса и муфты);

5 – листовая пружина для подпружинивания сухаря 4;

6 – ступица, соединенная неподвижно со вторичным валом внутренними шлицами, имеет наружные шлицы, по которым передвигается наружное кольцо 3 муфты.

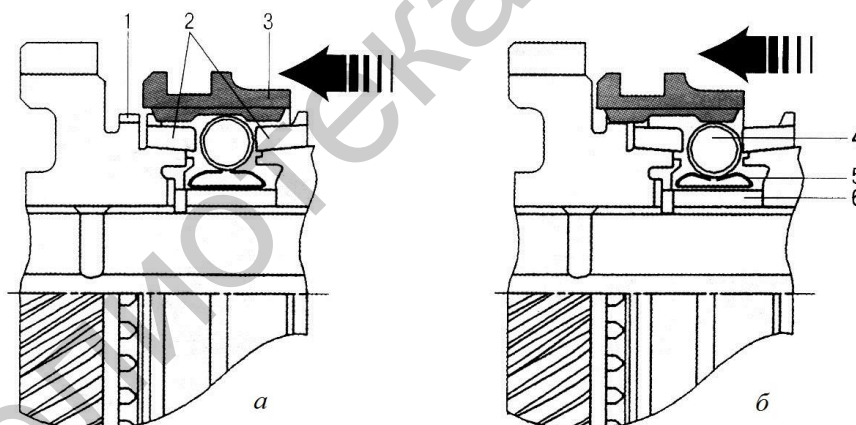


Рис. 9.7. Синхронизированная муфта переключения передач

**Принцип работы.** При переключении передачи **в нейтральное положение сцепление отжато**, т. е. коленчатый вал и первичный вал коробки передач **разъединены**. Поэтому **промежуточный вал** с зафиксированными на нем шестернями, а также **соответствующие им шестерни вторичного вала** вращаются свободно, независимо от скорости вращения коленчатого вала двигателя и колес автомобиля.

При включении требуемой передачи вилка штока переключения передач, находясь в постоянном зацеплении с наружным кольцом 3 муфты, передвигаясь в направлении шестерни требуемой передачи через наружное кольцо, двигает внутренними шлицами сухарь 4. Сухарь прижимает коническое блокирующее

кольцо **2** к конической поверхности требуемого зубчатого колеса, создавая повышенное трение в зоне контакта. Трение приводит к выравниванию угловых скоростей требуемого зубчатого колеса и муфты. Наружное кольцо муфты **3** заходит на шлицевой венец **1** шестерни.

Таким образом, валы (вторичный и промежуточный) оказываются соединены и вращаются с частотой, пропорциональной выбранной передаче.

### **9.8. Механическая четырехвальная шестиступенчатая коробка переключения передач автомобиля**

Эта коробка отличается *малой длиной*, что достигается применением *четырёхвальной* конструкции (рис. 9.8). *Состоит* из первичного вала **2**, трех вторичных валов **1, 3, 4**.

Механическое вращение главной передачи **5** передается от первичного вала **2** через синхронизаторы и шестерни **6** передач плюс шестерни заднего хода **Р**:

- все передачи с **первой** по **четвертую** включаются посредством **трех конусных синхронизаторов**;
- **пятая** и **шестая** передачи включаются посредством *одноконусного синхронизатора*;
- **задний ход Р** включается посредством инерционного синхронизатора с наружным кольцом.

Передача крутящего момента с первичного вала **2** на главную передачу **5** осуществляется через *один из трех вторичных валов*, концевые шестерни которых *постоянно* находятся в зацеплении с ведомой шестерней главной передачи.

При включенной передаче заднего хода **Р** крутящий момент передается через шестерню **первой** передачи (на **первом** вторичном валу), к которой приварена шестерня передачи заднего хода **Р**, а через нее крутящий момент передается на *третий* вторичный вал и далее на главную передачу.



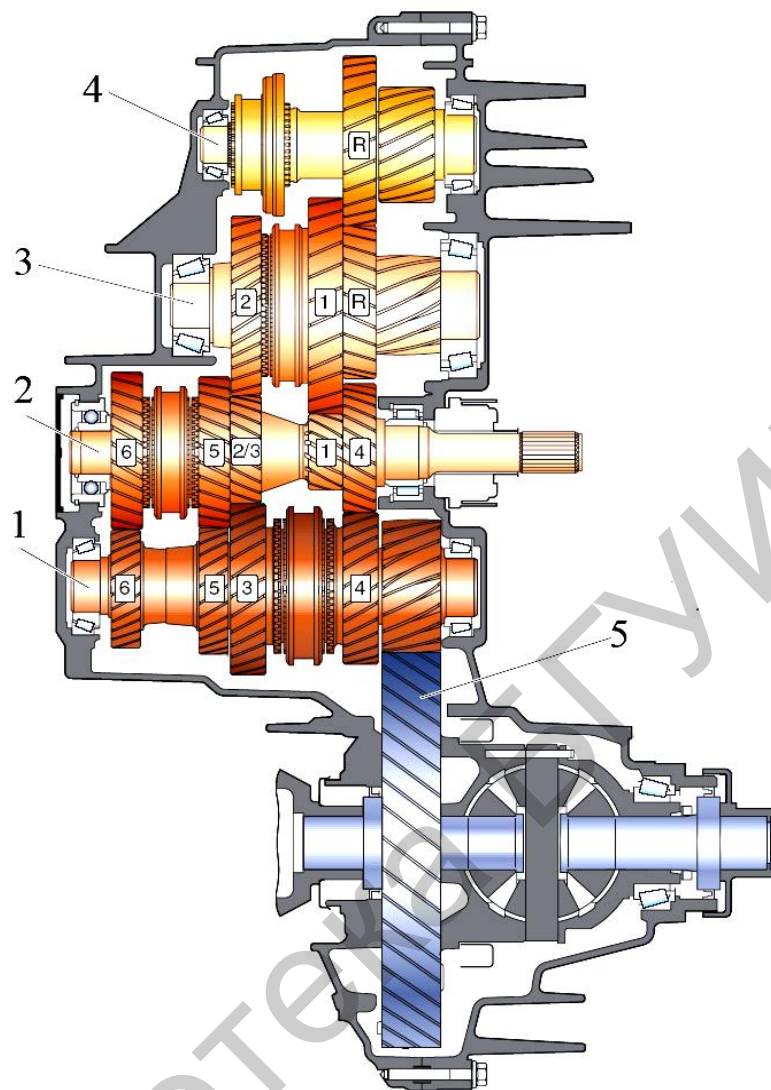


Рис. 9.8. Четырехвальная шестиступенчатая коробка передач:  
 1 – второй вторичный вал; 2 – первичный вал; 3 – первый вторичный вал;  
 4 – третий вторичный вал; 5 – шестерня главной передачи; R – шестерни передачи заднего хода; номерами обозначены шестерни соответствующих передач

### ***9.9. Гидромеханическая коробка переключения передач автомобиля***

*Недостаток механических ступенчатых коробок передач – водителю для переключения передач приходится часто (особенно в городе) нажимать на педаль сцепления и перемещать рычаг переключения передач. Этого недостатка нет в гидромеханических коробках передач с автоматическим или полуавтоматическим переключением передач.*

*Например, двухступенчатая гидромеханическая коробка передач (рис. 9.9) состоит из:*

- гидротрансформатора **1**;
- тормозных механизмов **2** и **4**;

- механической планетарной коробки передач с многодисковым фрикционом **3**;
- двух ленточных тормозных механизмов **5** и **6**;
- гидравлической системы управления кнопочным переключением передач (для нейтрального положения, заднего хода, первой передачи и движения с автоматическим переключением передач).

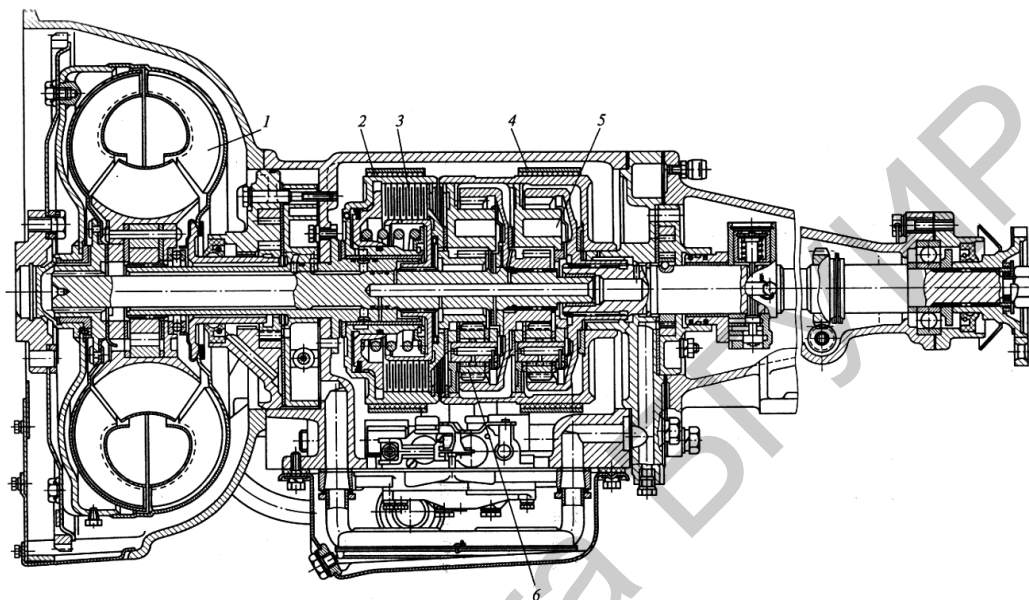


Рис. 9.9. Гидромеханическая коробка передач:  
 1 – гидротрансформатор; 2, 4 – тормозные механизмы; 3 – фрикцион;  
 5, 6 – планетарные механизмы

*Принцип работы.* В нейтральном положении фрикцион **3**, а также тормозные механизмы **2** и **4** выключены. Троганье автомобиля с места происходит при включенной первой передаче. В этом случае масло под давлением поступает в цилиндр тормозного механизма **2**, лента которого затягивается, и солнечная шестерня тормозного механизма **6** останавливается. Если включена кнопка «Движение», то при разгоне автомобиля происходит автоматическое переключение на вторую передачу, что обеспечивается одновременным выключением тормозного механизма **2** и включением фрикциона **3**. В этом случае ленточные тормозные механизмы **5** и **6** блокируются. Для движения задним ходом включается только тормозной механизм **4**.

*Основными элементами гидромеханической коробки передач являются гидротрансформатор и планетарный механизм механической коробки передач.*

*Гидротрансформатор* (рис. 9.10) – это гидравлический механизм, размещенный между двигателем и механической коробкой передач. Состоит из трех колес с лопатками: насосного **3** (ведущего), турбинного **2** (ведомого) и реактора **4**.

Насосное колесо **3** закреплено на маховике **1** двигателя и образует корпус гидротрансформатора, внутри которого размещены:

– турбинное колесо **2**, соединенное с первичным валом **5** коробки передач;

– реактор **4**, установленный на роликовой муфте **6** свободного хода.

Внутренняя полость гидротрансформатора на  $\frac{3}{4}$  своего объема заполнена специальным маслом малой вязкости.

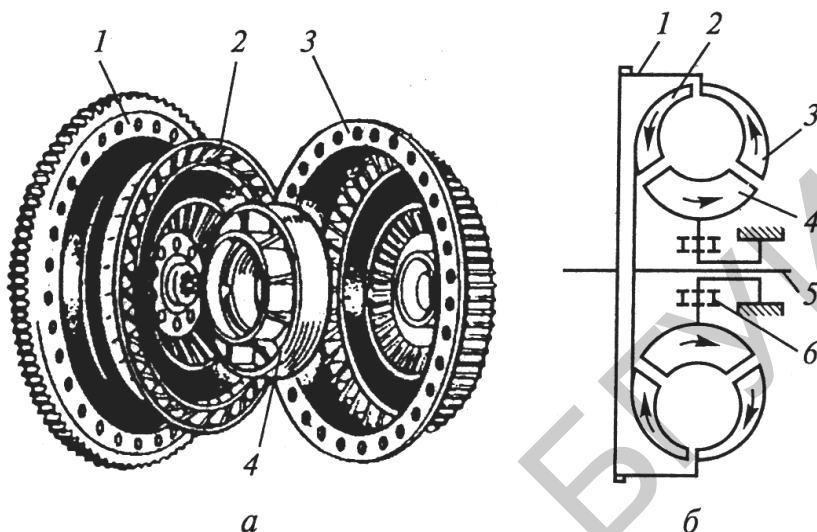


Рис. 9.10. Гидротрансформатор:

*a* – общий вид; *б* – схема: 1 – маховик; 2 – турбинное колесо; 3 – насосное колесо; 4 – реактор; 5 – вал; 6 – муфта

*Принцип работы гидротрансформатора.* При работающем двигателе насосное колесо **3** вращается вместе с маховиком **1** двигателя. Масло под действием центробежной силы поступает к наружной части насосного колеса **3** и приводит его в движение. Из турбинного колеса **2** (через каналы для протока жидкости в профилированных лопастях колес **3** и **2**) масло поступает в реактор **4**. Реактор **4** обеспечивает плавный и безударный вход жидкости в насосное колесо **3** и существенное увеличение крутящего момента.

Таким образом, автоматически обеспечивается передача крутящего момента гидротрансформатором от двигателя к первичному валу **5** коробки передач и далее к ведущим колесам автомобиля.

В автоматических коробках передач (в гидротрансформаторе) наряду с роликовой муфтой **6** (рис. 9.10, *б*) применяется фрикционная муфта сцепления (рис. 9.11).

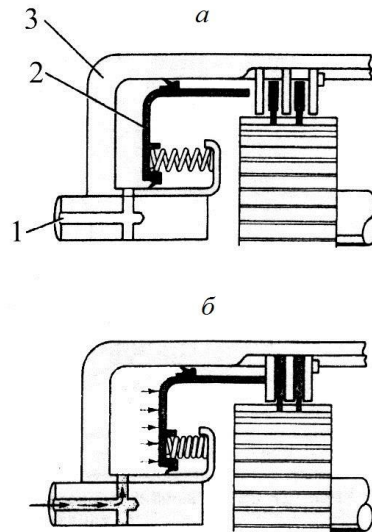


Рис. 9.11. Фрикционная муфта сцепления автоматической коробки передач:

*a* – выключенное состояние; *б* – включенное состояние:

1 – канал подачи рабочей жидкости; 2 – поршень; 3 – кожух муфты

Муфта состоит из комплекта покрытых слоем фрикционного материала дисков, прижатых друг к другу через прокладки в виде тонких пластин из гладкого материала. Прижимание дисков друг к другу (при включении сцепления) обеспечивается гидравлическим поршнем **2** (при подаче к поршню по каналу **1** рабочей жидкости). При этом диски плотно прижимаются друг к другу, образуя одно целое, и вводятся в зацепление с первичным валом **5** (см. рис. 9.10, *б*) коробки передач. Как только давление снимается, возвратная пружина отводит поршень **2** назад и диски муфты сцепления выводятся из зацепления.

*Недостатки гидротрансформатора:*

- малый диапазон передаточных чисел;
- не обеспечивает движение задним ходом;
- не разобщает двигатель и трансмиссию.

Эти недостатки устраняет устанавливаемый за гидротрансформатором планетарный механизм (рис. 9.12).

Конструкция планетарного механизма:

- *солнечная шестерня 6*, закрепленная на *ведущем валу 1*, находится в зацеплении с *шестернями-сателлитами 3*, свободно установленными на своих осях;
- оси сателлитов закреплены на *водиле 4*, жестко соединены с *ведомым валом 5*;
- сами сателлиты находятся в зацеплении с *коронной шестерней 2*, имеющей внутренние зубья.

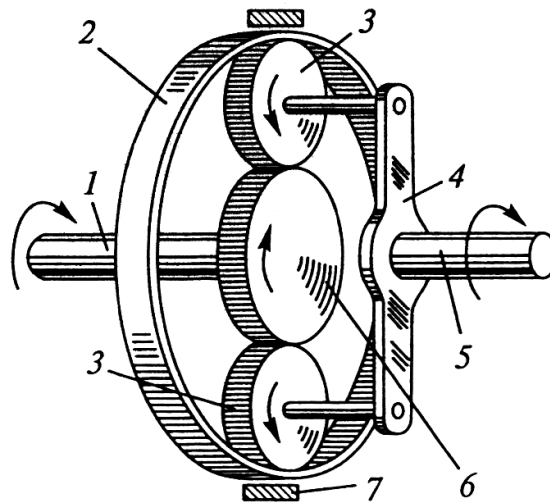


Рис. 9.12. Планетарный механизм:  
 1 – ведущий вал; 2 – коронная шестерня; 3 – сателлиты; 4 – водило; 5 – ведомый вал;  
 6 – солнечная шестерня; 7 – тормоз

### **Принцип работы планетарного механизма**

Передача крутящего момента с ведущего вала 1 на ведомый вал 5 осуществляется только при заторможенной коронной шестерне 2 (при помощи ленточного тормоза 7). В этом случае при вращении солнечной шестерни 6 сателлиты 3, перекачиваясь по зубьям неподвижной коронной шестерни 2, начинают вращаться вокруг своих осей и будут вращать через водило 4 ведомый вал 5.

При растормаживании коронной шестерни 2 сателлиты 3, свободно перекачиваясь по солнечной шестерне 6, будут вращать коронную шестерню 2, а ведомый вал 5 будет оставаться неподвижным.

## **9.10. Автоматическая коробка переключения передач с электронным управлением**

Состав автоматической коробки передач (АКП) с электронным управлением: гидротрансформатор; механическая планетарная коробка передач с многодисковыми тормозными механизмами; гидравлическая система; системы охлаждения, смазки, электрическая.

Электронное автоматическое управление позволяет:

- точнее выдерживать заданные моменты переключения передач;
- по характеру изменения скорости и нагрузки на двигатель компьютер может ввести соответствующие поправки в алгоритмы переключения;
- корректировать процесс управления автомобилем в зависимости от температуры, вязкости жидкости, степени износа фрикционных элементов.

В систему управления входят следующие подсистемы:

- функционирования (гидравлические насосы, регуляторы);
- измерительная (собирающая информацию о параметрах управления);

- управляющая (вырабатывающая управляющие сигналы);
- наполнительная (осуществляющая управление переключением передач и работой двигателя);
- подсистема ручного управления;
- подсистема автоматических защит (предотвращающая возникновение опасных ситуаций).

Основные элементы электронных систем управления: электронный блок и рычаг управления.

Пример современной АКП с электронным управлением приведен на рис. 9.13.

Крутящий момент двигателя подводится к одинарному планетарному ряду, а от него – к сдвоенному планетарному ряду.

Управление одинарным планетарным рядом производится посредством многодисковых муфт **К1** и **К3** и многодискового тормоза **В1**.

Сдвоенный планетарный ряд управляется посредством: многодисковой муфты **К2**; многодискового тормоза **В2**; обгонной муфты **Г** (работа которой не зависит от частоты вращения первичного вала; муфта работает параллельно с тормозом).

Муфты **К1**, **К2** и **К3** служат для подвода крутящего момента к планетарным рядам. С помощью тормозов **В1** и **В2**, а также обгонной муфты **Г** обеспечивается передача крутящих моментов на картер коробки передач.

Работа АКП с электронным управлением:

- 1) первая передача в обычном режиме (рис. 9.14, *a*);
- 2) первая передача при торможении двигателем в режиме управления (рис. 9.14, *б*);
- 3) вторая передача (рис. 9.15, *a*);
- 4) третья передача (рис. 9.15, *б*);
- 5) четвертая передача (рис. 9.16, *a*);
- 6) пятая передача (рис. 9.16, *б*);
- 7) шестая передача (рис. 9.17, *a*);
- 8) передача заднего хода (рис. 9.17, *б*).

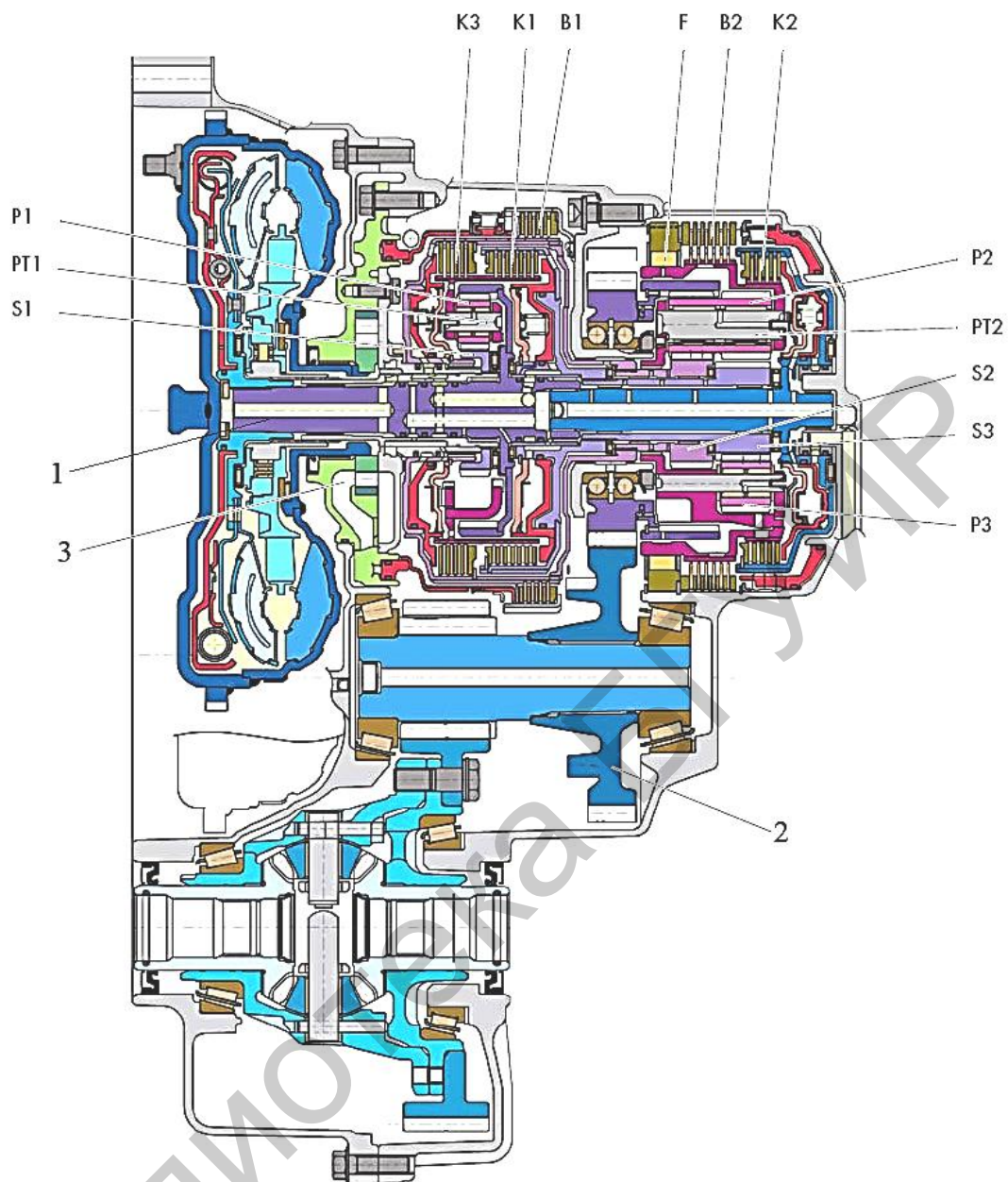


Рис. 9.13. Разрез автоматической шестиступенчатой коробки передач O9G:

К – многодисковые муфты; В – многодисковые тормоза; S – солнечные шестерни; P – сателлиты; PT – водило; F – обгонная муфта; 1 – вал турбинного колеса; 2 – ведомая шестерня промежуточной передачи; 3 – жидкостный насос

### **Описание режимов**

Первая передача в обычном режиме (см. рис. 9.14, а).

Активными механизмами являются многодисковая муфта **K1** и обгонная муфта **F**. Вместе с валом **1** турбинного колеса вращается коронная шестерня **H1** одинарного планетарного ряда, которая приводит во вращение сателлиты **P1**; они обкатываются по неподвижной солнечной шестерне **S1**, приводя во вращение водило **PT1**. Так как многодисковая муфта **K1** замкнута, крутящий момент передается на солнечную шестерню **S3** сдвоенного планетарного ряда. Длинные сателлиты передают крутящий момент на коронную шестерню **H2**,

непосредственно связанную с ведущей шестерней промежуточной передачи. При этом водило **PT2** опирается на обгонную муфту **F**, что означает прекращение передачи крутящего момента при переходе автомобиля на режим движения накатом ведущих колес автомобиля.

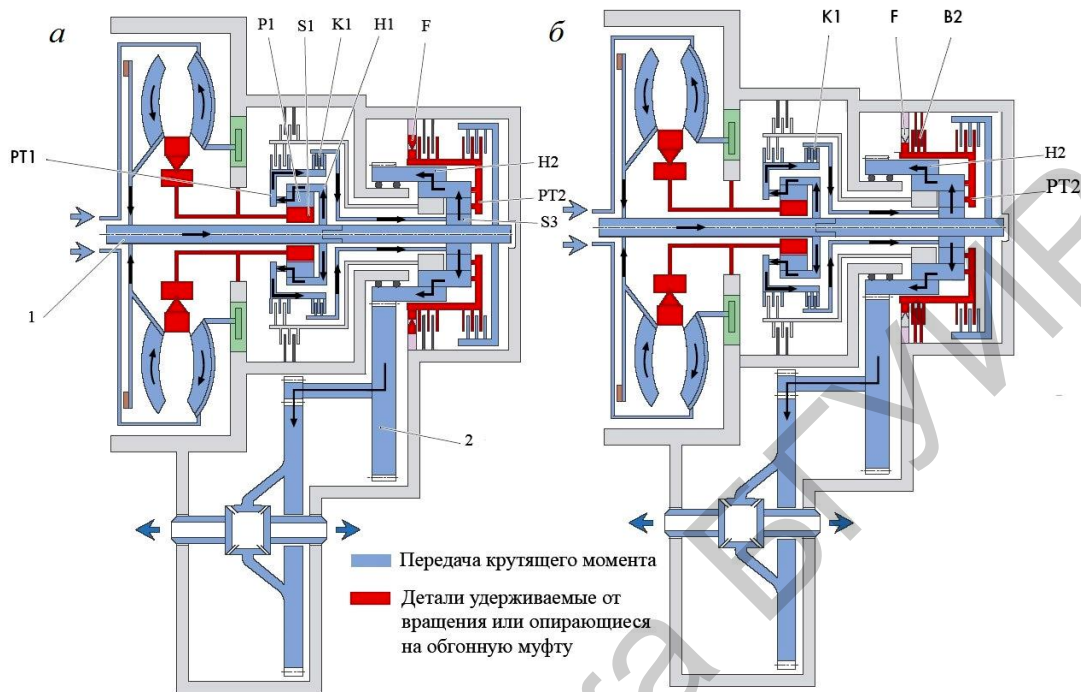


Рис. 9.14. Работа АКП на первой передаче:  
 а – в обычном режиме; б – при торможении двигателем; Н – коронные шестерни

**Первая передача при торможении двигателем** (см. рис. 9.14, б). Активными механизмами являются многодисковая муфта **K1** и многодисковый тормоз **B2**. Передача крутящего момента осуществляется так же, как при первой передаче в обычном режиме. Торможение двигателем при движении на первой передаче осуществляется с помощью тормоза **B2** (см. рис. 9.14, б), который блокирует обгонную муфту **F** и вместе с ней водило **PT2**. Тормоз **B2** может блокировать водило **PT2** при любом направлении его вращения, что позволяет использовать тормоз **B2** и при включении заднего хода.

**Вторая передача** (см. рис. 9.15, а). Активными механизмами являются многодисковая муфта **K1** и многодисковый тормоз **B1**. Вал **1** турбинного колеса вращается вместе с коронной шестерней **H1** одинарного планетарного ряда. Эта шестерня увлекает за собой сателлиты **P1**, которые обкатываются по неподвижной солнечной шестерне **S1**. Вместе с ними вращается водило **PT1**. Муфта **K1** соединяет водило **PT1** с солнечной шестерней **S3**, передавая крутящий момент на сдвоенный планетарный ряд. Многодисковый тормоз **B1** удерживает солнечную шестерню **S2** от вращения. С солнечной шестерней **S3** крутящий момент передается на короткие сателлиты **P3** и далее на длинные сателлиты **P2**, которые обкатываются по неподвижной солнечной шестерне **S2** и приводят во вращение коронную шестерню **H2**.



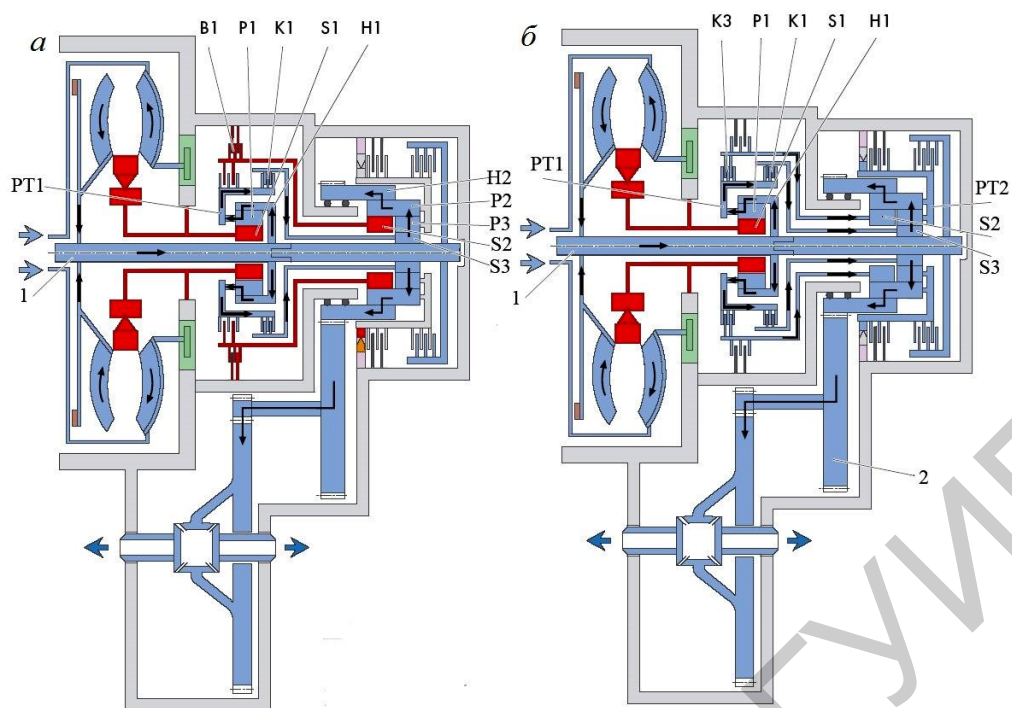


Рис. 9.15. Работа АКП на второй и третьей передаче:  
*а* – на второй; *б* – на третьей

**Третья передача** (см. рис. 9.15, *б*). *Активными механизмами* являются *многодисковые муфты К1 и К3*. Вал **1** турбинного колеса вращается вместе с *коронной шестерней Н1* одинарного планетарного ряда. Эта шестерня увлекает за собой *сателлиты Р1*, которые обкатываются по неподвижной *солнечной шестерне S1*. Вместе с ними вращается *водило РТ1*. *Муфта К1* соединяет *водило РТ1* с *солнечной шестерней S3*, передавая крутящий момент на *сдвоенный планетарный ряд*. *Муфта К3* также передает крутящий момент на *солнечную шестерню S2* *сдвоенного планетарного ряда*. Одновременное замыкание муфт **К1** и **К3** приводит к блокированию *сдвоенного планетарного ряда*. В результате крутящий момент передается со *сдвоенного планетарного ряда* непосредственно на *ведомую шестерню промежуточной передачи*.

**Четвертая передача** (см. рис. 9.16, *а*). *Активные механизмы* – *многодисковые муфты К1 и К2*. Вал **1** турбинного колеса вращается вместе с *коронной шестерней Н1* одинарного планетарного ряда и *наружным барабаном муфты К2*. *Шестерня Н1* увлекает за собой *сателлиты Р1*, которые обкатываются по неподвижной *солнечной шестерне S1*. Вместе с сателлитами **Р1** вращается *водило РТ1*. *Муфта К1* соединяет *водило РТ1* с *солнечной шестерней S3*, передавая крутящий момент на *сдвоенный планетарный ряд*. Одновременно крутящий момент передается с вала турбинного колеса на *водило РТ2* *сдвоенного планетарного ряда* через *муфту К2*. Длинные сателлиты **Р2** и находящиеся с ними в зацеплении короткие сателлиты **Р3** приводят во вращение *коронную шестерню Н2* через *водило РТ2*.

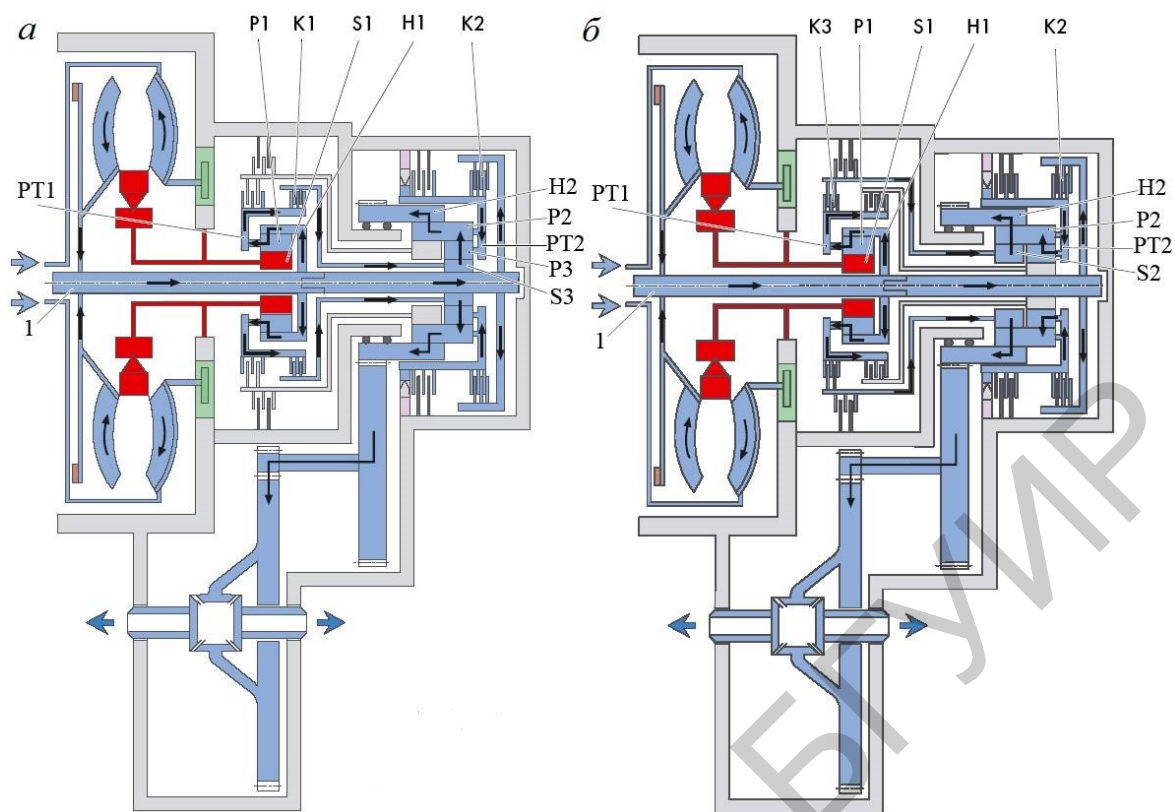


Рис. 9.16. Работа АКП на четвертой и пятой передаче:  
*а* – на четвертой; *б* – на пятой

**Пятая передача** (см. рис. 9.16, *б*). *Активными механизмами* являются многодисковые муфты **К2** и **К3**. Вал **1** турбинного колеса вращается вместе с коронной шестерней **Н1** одинарного планетарного ряда и наружным барабаном муфты **К2**. Шестерня **Н1** увлекает за собой сателлиты **Р1**, которые обкатываются по неподвижной солнечной шестерне **С1**. Вместе с сателлитами **Р1** вращается водило **РТ1**. Муфта **К3** соединяет водило **РТ1** с солнечной шестерней **С2**, передавая крутящий момент на сдвоенный планетарный ряд. Муфта **К2** соединяет вал **1** турбинного колеса с водилом сдвоенного планетарного ряда, передавая на него крутящий момент. Длинные сателлиты **Р2** вместе с водилом **РТ2** и солнечной шестерней **С2** приводят во вращение коронную шестерню **Н2**.

**Шестая передача** (см. рис. 9.17, *а*). *Активными механизмами* являются многодисковая муфта **К2** и тормоз **В1**. Тормоз **В1** удерживает солнечную шестерню **С2** от вращения. Муфта **К2** соединяет вал **1** турбинного колеса с водилом **РТ2** сдвоенного планетарного ряда, передавая на него крутящий момент. Сателлиты **Р2** обкатываются по неподвижной солнечной шестерне **С2**, увлекая во вращение коронную шестерню **Н2**. Муфты **К1** и **К3** разомкнуты, поэтому одинарный планетарный ряд в передаче крутящего момента не участвует.

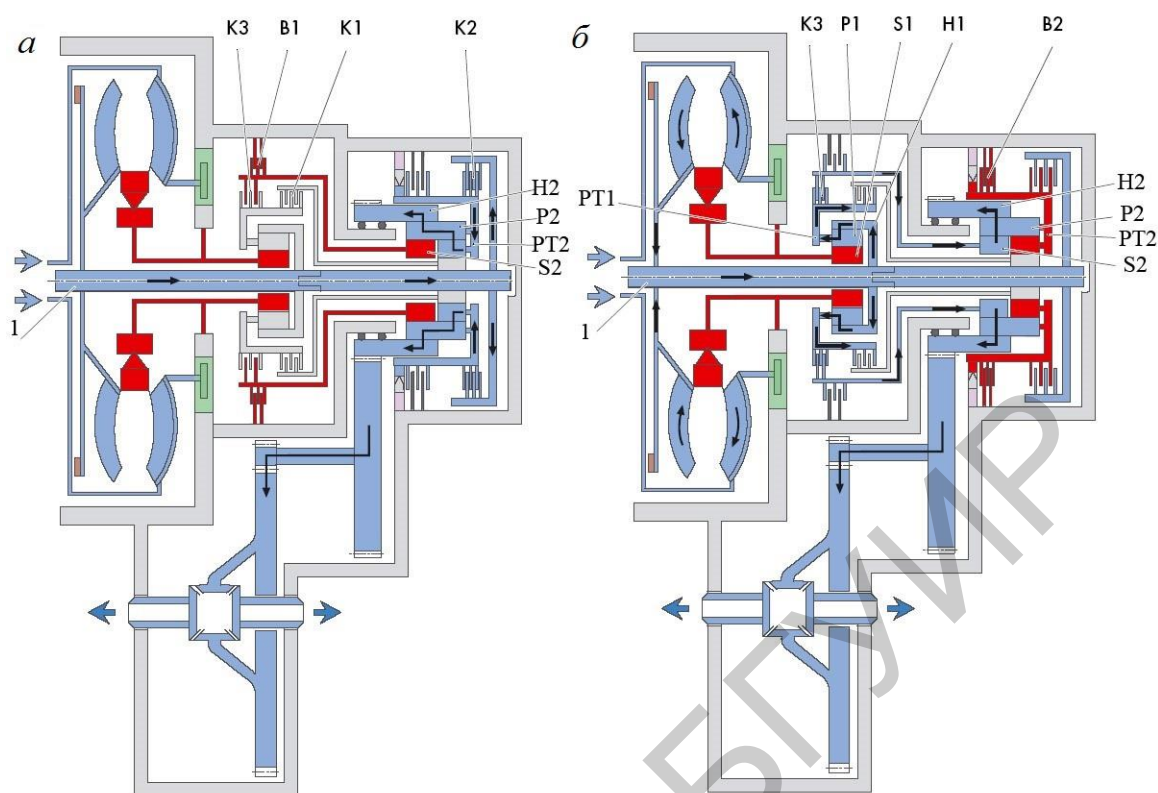


Рис. 9.17. Работа АКП на шестой передаче и передаче заднего хода:  
*а* – на шестой передаче; *б* – на передаче заднего хода

**Передача заднего хода** (см. рис. 9.17, *б*). *Активными механизмами* являются многодисковая муфта **К3** и *тормоз В2*. Вал **1** турбинного колеса вращается вместе с коронной шестерней **Н1** одинарного планетарного ряда. Шестерня **Н1** увлекает за собой сателлиты **Р1**, которые обкатываются по неподвижной солнечной шестерне **С1**. Вместе с ними вращается водило **РТ1**. Муфта **К3** соединяет водило **РТ1** с солнечной шестерней **С2**, передавая крутящий момент на сдвоенный планетарный ряд. С солнечной шестерни **С2**, крутящий момент передается на длинные сателлиты **Р2**. Так как водило **РТ2** неподвижно, крутящий момент передается на коронную шестерню **Н2**, постоянно связанную с валом промежуточной передачи.

### 9.11. Электрогидравлическая система управления автоматической коробкой передач

Основные элементы управления показаны на рис. 9.18.

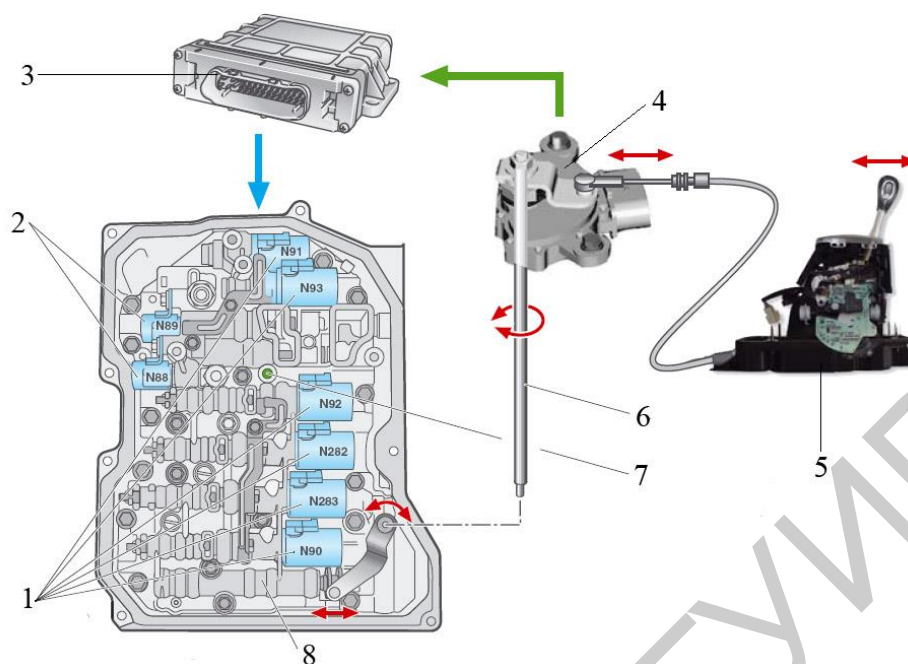


Рис. 9.18. Электрогидравлическая система управления автоматической коробкой передач:

- 1 – электромагнитные клапана, регулирующие давление; 2 – электромагнитные клапаны переключения передач; 3 – электронный блок управления автоматической коробкой передач; 4 – многофункциональный датчик; 5 – селектор; 6 – валик переключения передач; 7 – место подключения датчика рабочей жидкости; 8 – золотник-распределитель выбора диапазонов

*Работа системы. Муфты и тормоза* приводятся в действие гидроцилиндрами, управляемыми с помощью золотника **8** и электромагнитных клапанов **1**. Клапана **1** выключаются *электронным блоком управления 3 АКП* и управляют механизмами переключения передач, регулируя давление рабочей жидкости в главной магистрали, в контурах управления, в гидротрансформаторе и в системе смазки коробки передач. Многофункциональный датчик **4** соединен с рычагом селектора **5** посредством троса. Датчик **4** вырабатывает электрические сигналы в соответствии с перемещениями рычага селектора **5** и передает их на блок управления **3 АКП**.

### 9.12. Программа переключения автоматической коробкой передач

*Позиции рычага управления АКП:* **P** – режим парковки; **R** – задний ход; **N** – нейтральная передача; **D** – движение в режиме автоматического переключения передач; **S** – спортивный режим (при котором электронный блок управления сдвигает режимы переключения *всех* передач в сторону большей частоты вращения коленвала). В результате увеличивается интенсивность разгона автомобиля.

Функциональная схема *программы* переключения АКП состоит из трех субструктур (рис. 9.19):

- определение характера вождения;
- выбор программы переключения в зависимости от состояния движения;
- выбор передачи.

*Режимы работы АКП:*

а) «*кик-даун*»: в этом режиме резко нажимают педаль подачи топлива до упора и затем резко отпускают; при этом включается *низшая передача* и при дальнейшем нажатии на педаль автомобиль разгоняется с максимальным ускорением;

б) «*фаст-офф*»: при резком отпуске педали подачи топлива этот режим не дает коробке передач включать высшую передачу, а оставляет ту, на которой осуществлялся разгон (что позволяет интенсивно тормозить двигателем и легко держать дистанцию при движении с переменной скоростью);

в) «*кик-фаст*»: этот режим определяет, нужно ли включить пониженную передачу, и дает соответствующую команду задолго до того, как будет достигнуто положение «*кик-даун*»;

г) «*Tiptronic*»: режим определяет тип троганья с места (плавный или резкий);

д) «*Система ESP (FDR-ASC)*»: система блокировки в аварийном режиме.

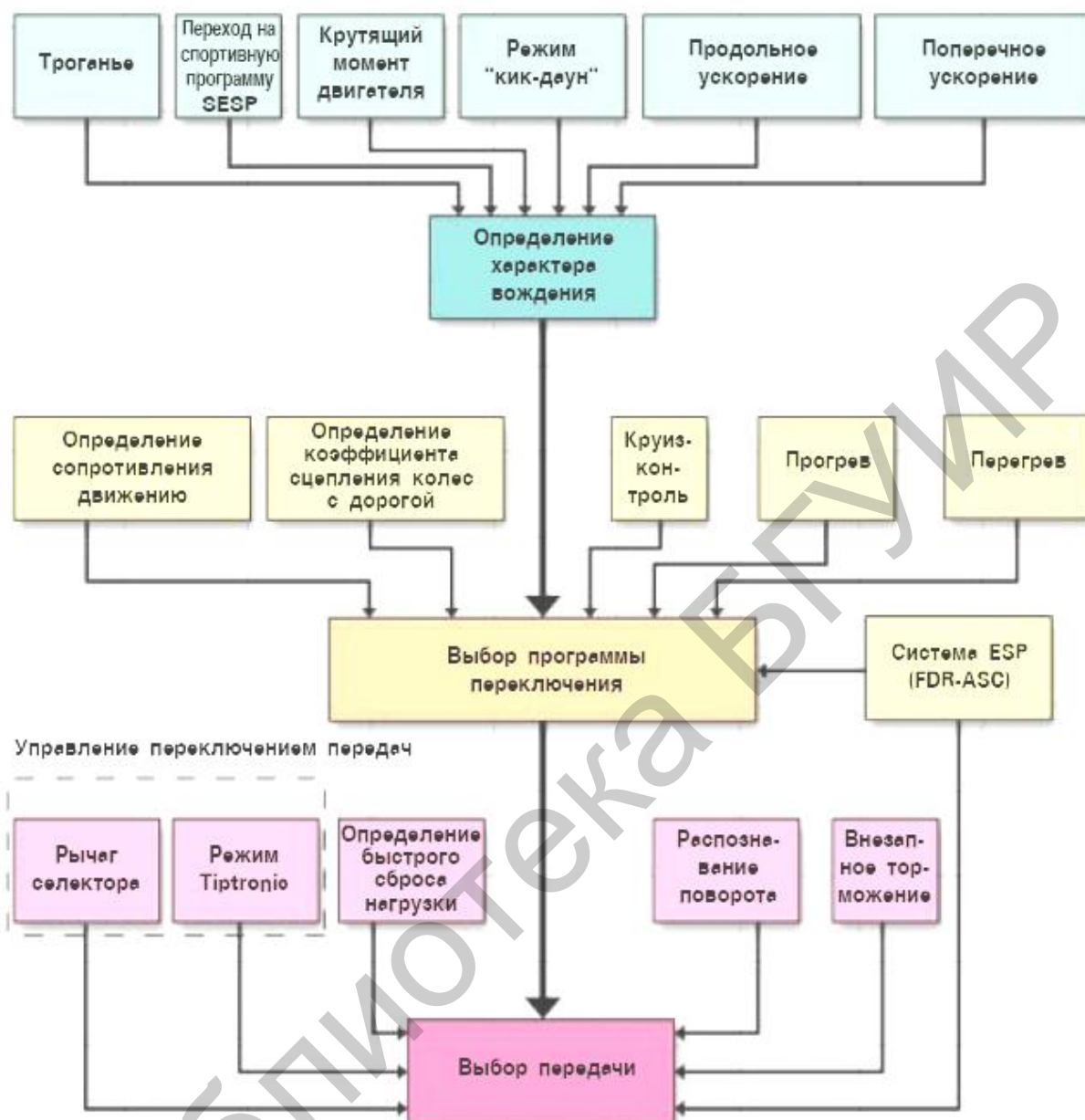


Рис. 9.19. Функциональная структура программы переключения автоматической коробки передач

*Управление рычагом АКП.* При перемещении рычага АКП *влево* водитель переводит коробку передач в режим ручного переключения. Движением рычага *вперед-назад* (секвентальное (последовательное) переключение передач) водитель включает повышающую – понижающую передачи.

Бесступенчатое изменение передаточного числа обеспечивает гидротрансформатор. Но диапазон его работы довольно узок, и для применения в автомобиле к нему приходится добавлять ступенчатую коробку передач.

Недостатков вышеперечисленных устройств лишен вариатор – в основе своей механическая, а поэтому работающая с небольшими потерями бесступенчатая трансмиссия с внешним управлением, которое позволяет автоматически плавно изменять передаточное число, выбирая наиболее оптимальное согласно внешней нагрузке и оборотам двигателя, тем самым давая возможность максимально эффективно использовать его мощность. В технике существует множество различных конструкций такого типа, но в автомобиле получили распространение два вида вариаторов – клиноременной и тороидный.

Бесступенчатые передачи могут быть клиноременными или фрикционными, гидравлическими или электрическими.

Клиноременной вариатор состоит из нескольких (как правило, одной-двух) ременных передач, где шкивы образованы коническими дисками, за счет сдвигания и раздвигания которых изменяются диаметр шкивов и соответственно передаточное число (рис. 9.20).



Рис. 9.20. Принцип работы вариаторной передачи:

- 1 – ведущий привод; 2 – набор первичных аксиально перемещаемых дисков;
- 3 – набор вторичных аксиально перемещаемых дисков; 4 – ведомый привод;
- 5 – передающая цепь

Для трогания автомобиля с места используется обычное сцепление или небольшой гидротрансформатор, который вскоре после начала движения блокируется. Управление дисками шкивов осуществляет электронная система из сервоприводов, блока управления и датчиков.

Разные фирмы разработали каждая свою конструкцию клиноременного вариатора, так на Audi в трансмиссии Multitronic вместо ремня применяют

цепь, а Honda ставит набранный из металлических пластин ремень, но принцип от этого не меняется.

Одной из первых вариаторных передач, нашедших практическое применение, была клиноременная передача, устанавливаемая на шведских автомобилях Volvo (рис. 9.21).

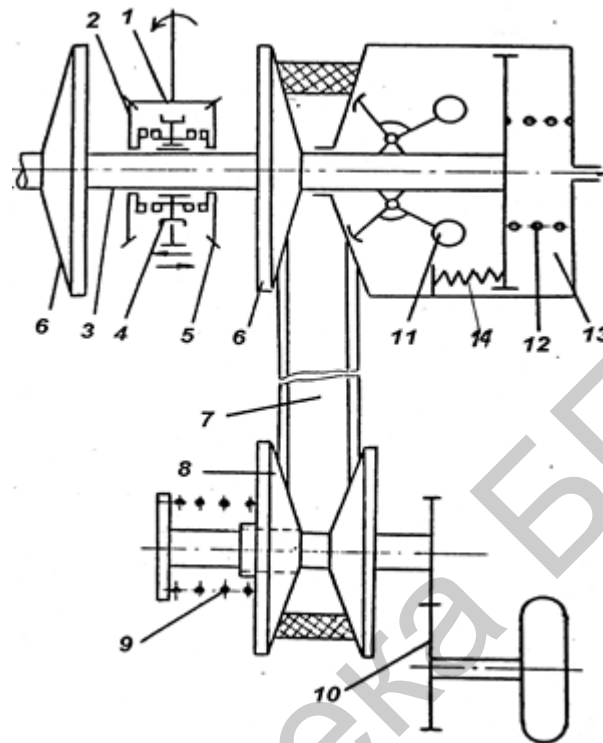


Рис. 9.21. Клиноременная передача:

1 – ведущая шестерня; 2, 5 – шестерни; 3 – вал; 4 – кулачковая муфта; 6 – ведущий шкив вариатора; 7 – ремень; 8 – ведомый шкив; 9, 12, 14 – пружины; 10 – цилиндрическая передача; 11 – центробежный регулятор; 13 – цилиндр

Вариатор на автомобиле Volvo установлен в трансмиссии между главной передачей и ведущими колесами. Изменение передаточного числа в вариаторе происходит автоматически.

Ведущая шестерня 1 главной передачи находится в зацеплении с двумя шестернями 2 и 5, свободно сидящими на валу 3. Шестерни могут соединяться с валом через кулачковую муфту 4, при включении левой шестерни происходит движение автомобиля вперед, правой – задний ход.

На обоих концах поперечного вала 3 закреплены ведущие шкивы вариатора 6. Левая часть шкива закреплена на валу жестко, правая может перемещаться вдоль оси вала. Подвижный правый шкив соединен с грузиками центробежного регулятора 11 и с поршнем цилиндра, связанного с впускным трубопроводом двигателя. Ведомый шкив 8 также состоит из двух частей, при этом правая неподвижна на ведомом валу, а левая подвижна в осевом направлении и нагружена пружиной 9. Ведомый вал вариатора через редуктор связан с ведущими колесами автомобиля.



Работает вариатор следующим образом. При малой частоте вращения коленчатого вала (начало трогания автомобиля) пружина **9** выжимает ремень на ведомом шкиве на больший радиус. Вследствие малой частоты вращения и сдвинутых грузиков регулятора **11** половины **6** ведущего шкива раздвинуты за счет действия пружины **14** и ремень располагается на малом радиусе. Передаточное число наибольшее. По мере разгона автомобиля и увеличения частоты вращения вала **3** увеличивается сила действия центробежного регулятора, которая смещает подвижную часть шкива и увеличивает его рабочий диаметр. Разрежение, создаваемое во впускном трубопроводе двигателя, передается в цилиндр **13**, связанный с подвижной частью шкива. При уменьшении нагрузки, когда разрежение во впускном трубопроводе возрастает, рабочий диаметр шкива ведущего увеличивается, уменьшая передаточное число. Таким образом, осуществляется автоматическое изменение передаточного числа вариатора в зависимости от скорости движения и нагрузки двигателя.

В результате развития электроники появились бесступенчатые коробки передач с электронным управлением для двигателя мощностью 193 л. с. с крутящим моментом 280 Н·м.

Основными элементами бесступенчатой коробки передач автомобиля (рис. 9.22) являются: механизм включения для начала движения (фрикционы с дисками в масле); ведущий и ведомый шкивы с аксиально перемещаемыми дисками и стальной ремень, предназначенный для передачи мощности; система электронно-гидравлического управления коробкой передач; узел движения задним ходом; главная передача с дифференциалом.

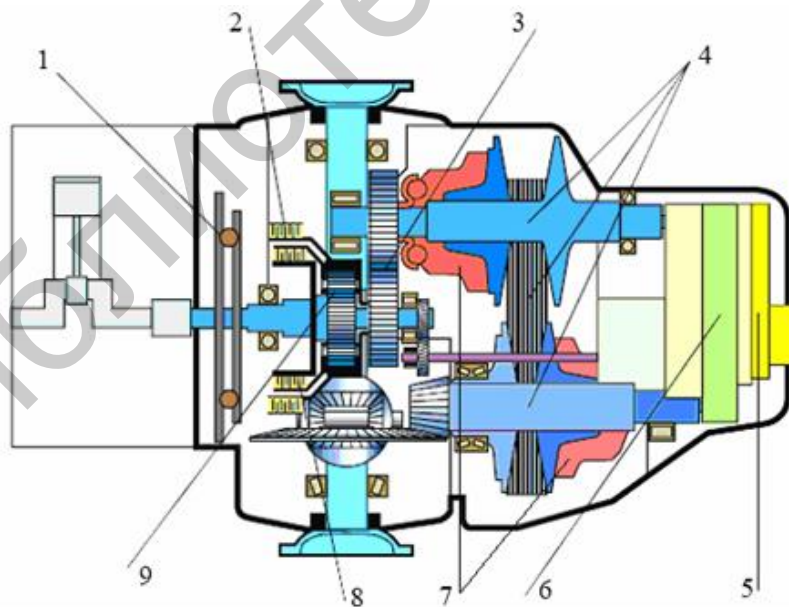


Рис. 9.22. Схема бесступенчатой коробки передач автомобиля Audi:

- 1 – маховик с встроенным демпфером; 2 – фрикционы для движения задним ходом;
- 3 – промежуточная передача; 4 – вариатор с цепью; 5 – электронный блок управления коробкой;
- 6 – гидравлическое управляющее устройство;
- 7 – гидравлическая система передвижения вариаторов; 8 – фрикционы для движения передним ходом; 9 – планетарный передаточный механизм

Вариатор состоит из ведущего и ведомого конических шкивов с аксиально перемещаемыми дисками и передающей вращения специальной цепи. На ведущий привод передаются вращения от двигателя через промежуточный передаточный механизм, ведомый привод передает крутящий момент на дифференциал. При передаче движения цепь всегда натянута.

Для плавного трогания с места при включении передачи переднего и заднего хода служит многодисковое сцепление, включаемое с помощью гидравлики. Изменение направления вращения производится с помощью шестерен планетарного механизма.

Прижим скошенных торцов осуществляется сложной следящей гидравлической системой, которая создает в каждый момент необходимое давление от 20 до 60 кгс/см<sup>2</sup>. В результате для привода ведомого шкива применяется многорядная стальная цепь (рис. 9.23), при этом со шкивами контактируют не сегменты ремня, как было в прежних конструкциях, а скошенные торцы соединительных осей звеньев. Чтобы исключить проскальзывание, износ штифтов составляет лишь 0,2 мм за весь срок службы.

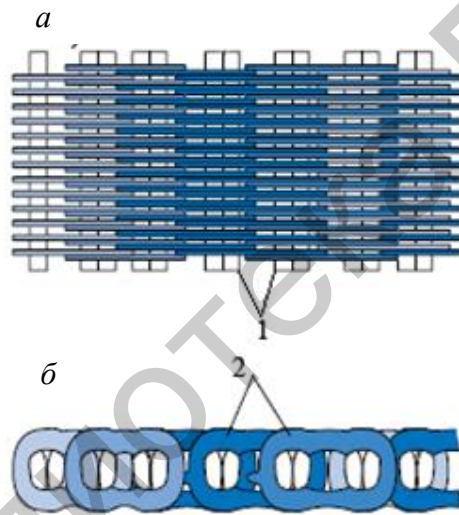


Рис. 9.23. Вариаторная цепь:  
*a* – вид сверху; *б* – вид сбоку; 1 – соединительные оси; 2 – звенья

Цепь обеспечивает не только передачу значительной нагрузки, но еще и изменение передаточного отношения в диапазоне от 1:2,1 до 1:12,7. Это позволило отказаться от гидротрансформатора, а значит, и от дополнительных потерь мощности.

Управление коробкой передач осуществляется с помощью электронного блока управления. Для принятия определенного решения в блок управления поступает информация от различных датчиков: частоты вращения коленчатого вала двигателя, частоты вращения входного передаточного механизма, положения педали подачи топлива, крутящего момента двигателя, температуры масла в коробке передач.

Электронный блок управления способен распознать по характеру движения педали подачи топлива, какой режим предпочитает водитель – экономичный или спортивный. В последнем случае уже со скорости 60 км/ч вариатор включает режим «овердрайв», то есть занижает передаточное отношение. При энергичном нажатии педали подачи топлива включается спортивный режим. Блок управления реагирует включением пониженной передачи и на наличие прицепа или крутого подъема, необходимость торможения двигателем. Программа блока управления позволяет работать коробке передач в ручном режиме, когда из памяти извлекаются заранее запрограммированные значения передаточного отношения. В этом случае бесступенчатая коробка действует как шестиступенчатая коробка передач с последовательным переключением.

Автомобиль «Audi» с бесступенчатой коробкой передач расходует на 0,9 л/100 км меньше топлива, чем с традиционной автоматической коробкой, и на 0,2 л меньше, чем с механической пятиступенчатой коробкой передач. При этом разгон до 100 км/ч занимает соответственно на 1,3 с и на 0,1 с меньше времени.

К бесступенчатым передачам относится и тороидный вариатор (рис. 9.24), применяемый в автомобилях японского производства «Глория» и «Скайлайн».

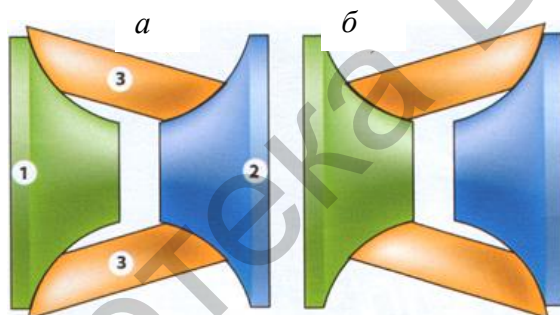


Рис. 9.24. Схема тороидного вариатора:  
*a* – высшая передача; *б* – низшая передача; 1 – ведущий диск;  
 2 – ведомый диск; 3 – промежуточные ролики

Вариатор состоит из соосных дисков ведущего **1**, ведомого **2** и промежуточных роликов, передающих момент от одного диска к другому. Один диск является ведущим, а другой – ведомым. Передача крутящего момента обеспечивается силами трения между рабочими поверхностями дисков и роликов. Для изменения передаточного числа меняются положение роликов и их радиусы, по которым ролики обкатывают диски.

В зависимости от угла поворота ролика ведомый диск может вращаться с той же скоростью, что и ведущее (если ролик горизонтален), с большей или меньшей (если ролик поворачивается).

Поскольку все усилие сосредоточено в пятне контакта, то для поворота роликов должны использоваться особые устройства, способные преодолевать силу прижатия ролика к диску (до 3000 Н·м). Возможность передачи таких усилий обеспечивается применением высококачественных сталей, особых масел и

специальной системой, в которой управляемый электронным блоком управления прецизионный гидравлический механизм перемещает обоймы с роликами вверх или вниз на микроскопическую величину, а далее из-за возникшего сдвига относительно оси дисков ролик поворачивается сам. Кроме того, чтобы разгрузить детали и уменьшить размеры тороидной коробки передач, в ней работают два вариатора. При использовании тороидного вариатора в трансмиссии автомобиля, так же как и в случае клиноременного, необходимо обеспечить возможность получения заднего хода и отключения вариатора от двигателя с помощью сцепления. Задний ход обеспечивает планетарная передача, а для нейтральной передачи используется гидротрансформатор.

Для смазки бесступенчатых коробок передач используется специальное масло с маркировкой CVT, которое не совместимо с маслом ATF, применяемым для традиционных автоматических коробок передач.

Бесступенчатые коробки передач до сих пор не нашли широкого применения из-за некоторых имеющихся в них существенных недостатков по сравнению с механическими ступенчатыми коробками (размер, масса, диапазон преобразования, производственные расходы, КПД коробки передач, компоновочные ограничения).

### 9.13. Главная передача и дифференциал

*Карданная передача* передает крутящий момент от вторичного вала коробки передач на вал *главной передачи* **1** (рис. 9.20). Вал главной передачи **1** через *ведущую* шестерню передает крутящий момент на *ведомую* шестерню **2** и далее через сателлиты **3** на шестерню **4** полуоси ведущих колес. *Дифференциал* через сателлиты **3, 4, 5** распределяет крутящий момент между ведущими колесами при вращении полуосей с различными скоростями (при повороте автомобиля).

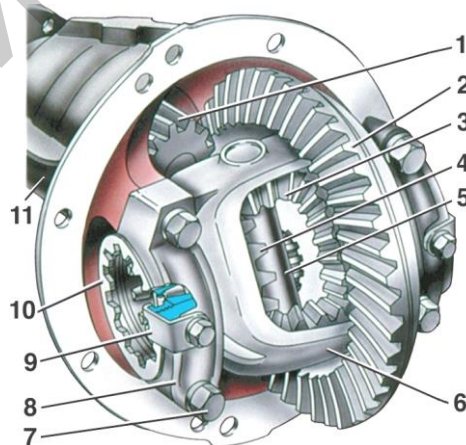


Рис. 9.20. Конструкция главной передачи и дифференциала:

- 1 – ведущая шестерня главной передачи; 2 – ведомая шестерня главной передачи;
- 3 – сателлит; 4 – шестерня полуоси; 5 – ось сателлитов; 6 – корпус сателлитов;
- 7 – болт крепления крышки подшипника; 8 – крышка подшипника;
- 9 – стопорная пластина гайки подшипника; 10 – регулировочная гайка;
- 11 – корпус дифференциала

## 10. Тормозные системы автомобиля

### 10.1. Виды тормозных систем автомобиля

*Виды тормозных систем:*

1. *Рабочая* тормозная система обеспечивает снижение скорости движения вплоть до полной остановки. *Тормозные механизмы – колесные тормоза. Управление – посредством педали.*

2. *Стояночная* тормозная система:

а) удерживает автомобиль в неподвижном состоянии;  
б) выполняет роль запасной системы при выходе из строя рабочей тормозной системы.

*Тормозные механизмы располагаются:*

– либо на одном из валов трансмиссии;  
– либо в колесах.

*Управление – ручное (педальное).*

3. *Вспомогательная* тормозная система обеспечивает торможение автомобиля на затяжных спусках. *Тормозные механизмы – тормоза-замедлители (моторные и трансмиссионные). Управление – автоматизированное или ручное.*

4. *Запасная* тормозная система. Используется при отказе рабочей тормозной системы. *Функции запасной выполняет стояночная тормозная система.*

***Виды торможений:***

– экстренное (аварийное) осуществляется с помощью рабочей тормозной системы (с временем запаздывания от 0,2 до 0,4 с);

– служебное торможение (для снижения скорости или остановки в намеченном месте). Время реакции водителя – от 0,4 до 1,5 с.

### 10.2. Принцип работы тормозной системы автомобиля

Тормозная система (рис. 10.1) состоит из двух отдельных диагональных магистралей **1** и **3**:

**1** – трубопровод контура «левый передний – правый задний» тормозные механизмы;

**3** – трубопровод контура «правый передний – левый задний».

Такой диагональный принцип построения тормозной системы улучшает:

а) устойчивость автомобиля при торможении;

б) обеспечивает надежность с помощью сигнального устройства **2**.

**Принцип работы**

При нажатии педали тормоза **7** нагрузка передается через усилитель **6** к главному тормозному цилиндру **5**, поршень которого нагнетает жидкость через трубопроводы **1** и **3** к поршням колесных цилиндров, перемещая тормозные колодки к дискам (барабанам) **10** и **13**.

В качестве тормозных механизмов в легковых автомобилях используются:

- дисковые тормозные механизмы (рис. 10.2) (как на передних, так и на задних колесах);
- барабанные (рис. 10.3) на задних колесах.

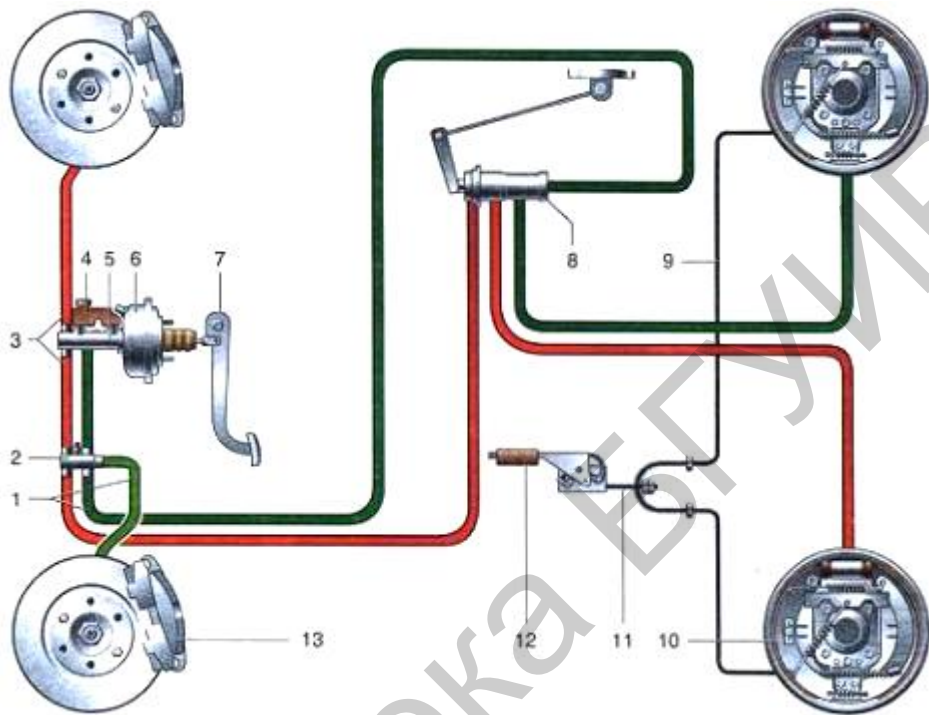


Рис. 10.1. Схема тормозной системы:

- 1 – трубопровод контура «левый передний – правый задний» тормозные механизмы;
- 2 – сигнальное устройство;
- 3 – трубопровод контура «правый передний – левый задний» тормозные механизмы;
- 4 – бачок главного цилиндра;
- 5 – главный цилиндр;
- 6 – вакуумный усилитель тормозов;
- 7 – педаль тормоза;
- 8 – регулятор давления;
- 9 – трос стояночного тормоза;
- 10 – тормозной механизм заднего колеса;
- 11 – регулировочный наконечник стояночного тормоза;
- 12 – рычаг привода стояночного тормоза;
- 13 – тормозной механизм переднего колеса

Регулятор давления **8** (см. рис. 10.1) распределяет давление 10–15 МПа в контурах **1** и **3** в зависимости от величины нагрузки при различных положениях кузова.

По окончании торможения педаль **7** под воздействием возвратной пружины возвращается в исходное положение (как и поршень главного тормозного цилиндра, и колодки колесных дисков).

Тормозная жидкость из колесных цилиндров по трубопроводам вытесняется в главный тормозной цилиндр. Давление в системе падает.

Привод ручного тормоза **12** через регулировочный наконечник стояночного тормоза **11** и трос стояночного тормоза **9** воздействует на тормозные колодки только задних колес.

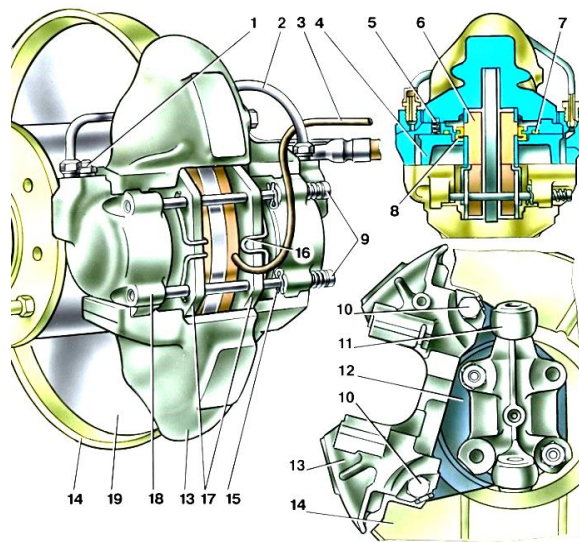


Рис. 10.2. Конструкция дискового тормозного механизма:

- 1 – штуцер; 2 – соединительная трубка; 3 – трубка; 4 – поршень; 5 – штуцер;  
 6 – накладки колодки тормоза; 7 – уплотнительное кольцо; 8 – защитный колпачок;  
 9 – крепление колодок; 10 – крепление суппорта; 11 – поворотный кулак;  
 12 – кронштейн крепления суппорта; 13 – суппорт; 14 – защитный кожух; 15 – шплинт;  
 16 – прижимная пружина; 17 – тормозная колодка; 18 – колесный цилиндр; 19 – диск

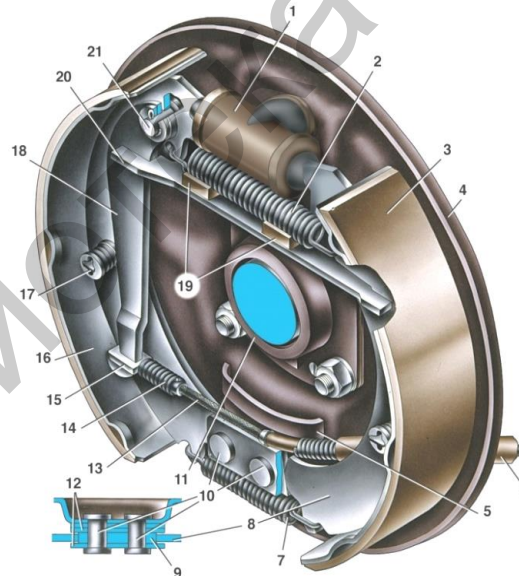


Рис. 10.3. Конструкция барабанного тормозного механизма:

- 1 – рабочий цилиндр; 2 – верхняя стяжная пружина; 3 – фрикционная накладка;  
 4 – опорный щит; 5 – направляющая троса; 6 – оболочка троса;  
 7 – нижняя стяжная пружина; 8 – тормозная колодка; 9 – опорная пластина;  
 10 – заклепка крепления; 11 – крепление подшипника; 12 – направляющая пластина;  
 13 – трос привода стояночного тормоза; 14 – пружина троса; 15 – наконечник троса;  
 16 – колодка; 17 – опорная стойка; 18 – рычаг ручного привода;  
 19 – направляющие пружины; 20 – распорная планка; 21 – палец рычага

### 10.3. Вакуумный усилитель тормозов

Самым распространенным видом усилителя в тормозной системе современного автомобиля является *вакуумный усилитель 6* (см. рис. 10.1).

На рис. 10.4 изображен (в разрезе) вакуумный усилитель, который создает дополнительное усилие на педали тормоза за счет разряжения. Корпус усилителя **7** разделен диафрагмой **8** на **2** камеры: *вакуумную А* и *атмосферную В*. *Вакуумная А* обращена к главному тормозному цилиндру и через обратный клапан **16** соединена с *источником разряжения*: с вакуумным электронасосом или областью разряжения во впускном коллекторе. При остановке двигателя или при отказе вакуумного насоса обратный клапан **16** разъединяет вакуумный усилитель и источник разряжения.

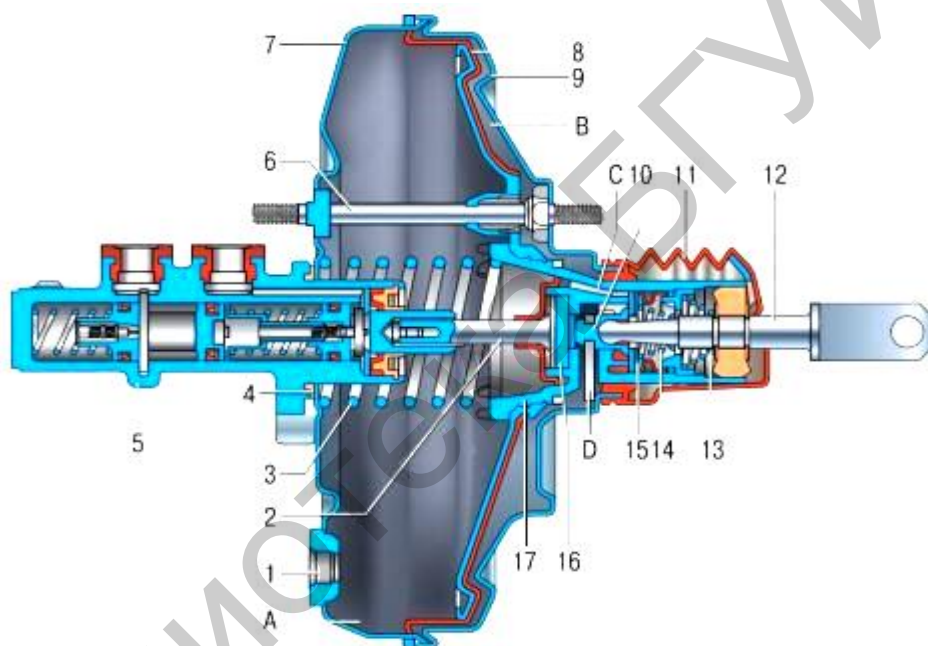


Рис. 10.4. Схема вакуумного усилителя тормозов:

- 1 – фланец крепления наконечника; 2 – шток; 3 – возвратная пружина диафрагмы;  
4 – уплотнительное кольцо фланца главного цилиндра; 5 – главный цилиндр;  
6 – шпилька усилителя; 7 – корпус усилителя; 8 – диафрагма; 9 – крышка корпуса усилителя;  
10 – поршень; 11 – защитный чехол корпуса клапана; 12 – толкатель;  
13 – возвратная пружина толкателя; 14 – пружина клапана; 15 – буфер штока;  
16 – обратный клапан; 17 – корпус обратного клапана; А – вакуумная камера;  
В – атмосферная камера; С, D – каналы

*Атмосферная В* камера:

- а) в исходном положении через клапан **16** соединена с вакуумный;  
б) при нажатой педали тормоза (посредством нажатия толкателя **12**) соединена с атмосферой.

*Принцип действия* вакуумного усилителя тормозов основан на создании разности давлений в вакуумной А и атмосферной В камерах (см. рис. 10.4).



В исходном положении (при ненажатой педали тормоза) в обеих камерах одинаковое давление. При нажатии педали тормоза усилие через толкатель 12 передается к клапану 16, который перекрывает канал D, соединяющий атмосферную камеру с ведущей. При дальнейшем движении клапана 16 атмосферная камера В через канал С соединяется с атмосферой. Образуется разность давления между камерами А и В, которая действует на диаграмму 8 и, преодолевая усилия пружины 3, перемещает шток 2 поршня главного цилиндра 5. Дополнительное усилие, реализуемое с помощью вакуумного усилителя тормоза, обычно в 3–5 раз превышает усилие от ноги водителя.

#### 10.4. Стояночный тормоз «винт – гайка» ручного управления

##### Конструкция и принцип действия

При подъеме рычага ручного стояночного тормоза (рис. 10.5) трос через кронштейн 9 и рычаг 8 поворачивает вокруг оси вал 7. На другом конце вала 7 располагается пластина 6 с тремя коническими гнездами переменной глубины. В каждом гнезде находится шарик 11. Вместе с кольцом 10 конические гнезда и шарики заставляют вал 7 перемещаться в осевом направлении. Осевое перемещение вала 7 передается на головку винта 5, который (сжимая пружину 12) через гайку 4 передает усилие поршню 3 и, действуя вместе с плавающей скобой 13 на тормозные колодки 2, зажимает тормозной диск 1.

Пара «винт – гайка» 5 и 4 имеет люфт в резьбовом соединении, что позволяет тормозному механизму освободить тормозной диск, когда стояночный тормоз не задействован.

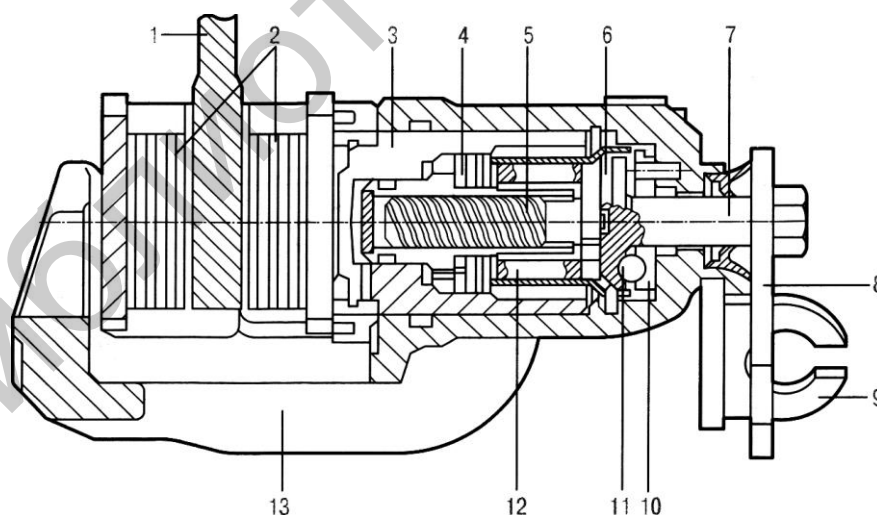


Рис. 10.5. Механизм стояночного тормоза:

- 1 – тормозной диск; 2 – тормозные колодки; 3 – поршень; 4 – гайка; 5 – винт;  
6 – пластина; 7 – вал; 8 – рычаг; 9 – кронштейн; 10 – кольцо; 11 – шарик;  
12 – пружина; 13 – плавающая скоба

## 10.5. Стояночный тормоз барабанного типа педального управления с тросовым приводом

Привод троса педального управления *состоит* (рис. 10.6) из педали **1**, барабана **2**, тросов торможения **6** и растормаживания **7**, петлевой пружины **3**.

### Принцип работы тормоза

1. *Затормаживание* (рис. 10.6, *а*). При нажатии тормозной педали **1** петлевая пружина **3** прижимается к барабану **2**, увеличивая силу трения. Барабан **2** поворачивается, фиксируется и натягивает трос торможения **6**. Эта сила передается на уравниватель (под днищем автомобиля), который распределяет усилие между двумя тросами, приводящими в действие тормозные механизмы задних колес.

2. *Растормаживание* (рис. 10.6, *б*). Для разблокировки стояночного тормоза вручную нажимают рычаг **8** устройства растормаживания. Наконечник этого троса подтягивается вверх (рис. 10.7, *б*), в результате петлевая пружина **3** (см. рис. 10.6, *б*) разжимается, освобождая при этом барабан **2**, и педаль **1** возвращается в исходное положение.

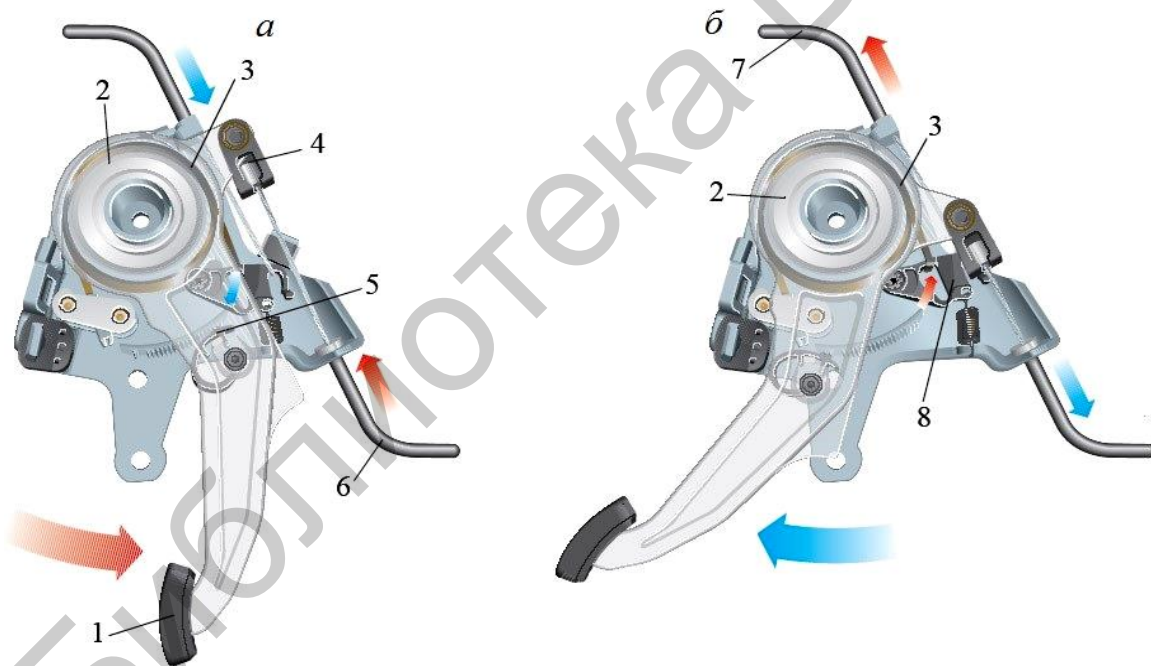


Рис. 10.6. Привод тросового стояночного тормоза барабанного типа:  
*а* – затормаживание; *б* – растормаживание: 1 – педаль стояночного тормоза; 2 – барабан;  
3 – петлевая пружина; 4 – крепление наконечника троса; 5 – пластмассовая пружина;  
6 – трос торможения; 7 – трос растормаживания

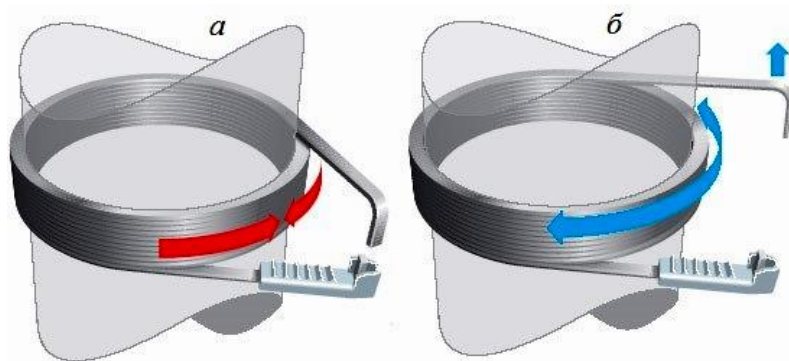


Рис. 10.7. Схема работы петлевой пружины:  
*a* – затяжка тормоза; *б* – растормаживание

### 10.6. Стояночный тормоз барабанного типа с сегментным педальным управлением

*Конструкция.* Педальное управление тормозами может быть и *сегментного типа* (рис. 10.8). Педаль **17** стояночного тормоза жестко связана с тросом **13** стояночного тормоза через зубчатую рейку **9**, которая ходит в направляющем рычаге **8**, шарнирно соединенном с зубчатым сегментом **3**. Направляющий рычаг **8**, прижимаясь к зубчатой рейке **9** под действием нажимной пружины **7**, стопорит рейку **9** на педали стояночного тормоза **17**. Этим обеспечивается жесткая связь между педалью **17** и тросом стояночного тормоза **13**.

*Принцип действия тормоза*

1. *Затормаживание.* При нажатии педали **17** приводится в действие трос стояночного тормоза **13**. Педаль фиксируется храповиком **4**, который входит в зацепление с зубчатым сегментом **3**, неподвижно соединенным с педалью **17**. Храповик **4** подвижно закреплен с педалью **17** и прижимается к зубчатому сегменту **3** пружиной. При зафиксированной педали приводной трос **13** остается натянутым и прижимает обе колодки стояночного тормоза **11** к тормозному барабану и автомобиль удерживается стояночным тормозом.

2. *Растормаживание.* При нажатии рукоятки **1** разблокировки тормоза подпружиненный храповик **4** фиксации педали отжимается рычагом разблокировки **18**. Рычаг выходит из зацепления с зубчатым сегментом **3**, разблокируя цепь. Под демпфирующим действием газового упорного амортизатора **16** педаль плавно возвращается в исходное положение. Приводной трос **13** ослабляется и выключает стояночный тормоз.

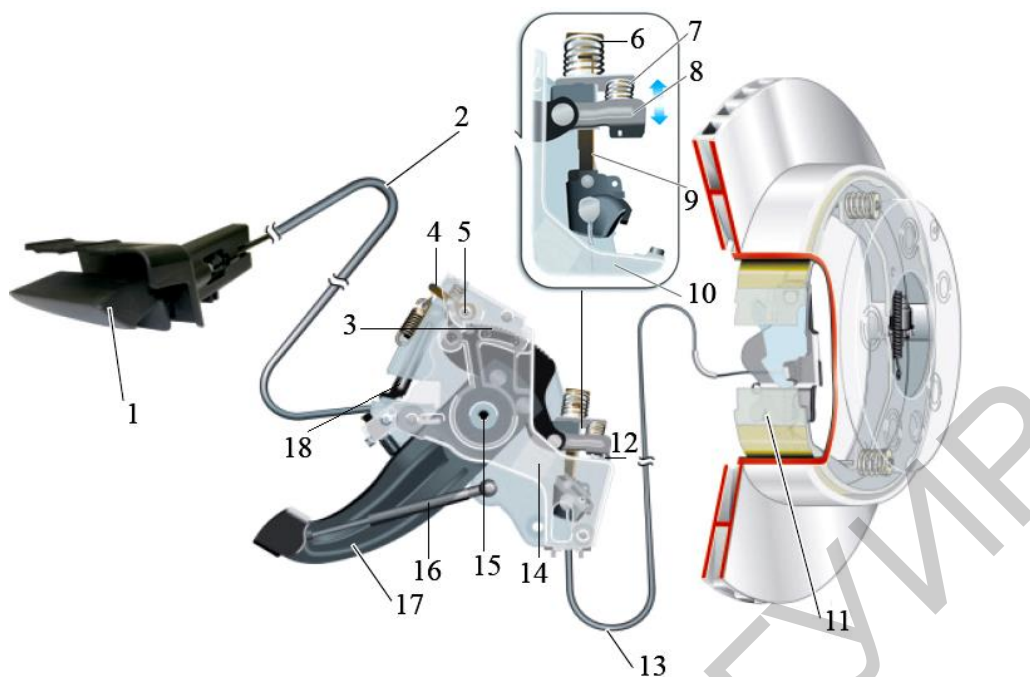


Рис. 10.8. Привод тросового стояночного тормоза сегментного типа:  
 1 – рукоятка разблокировки; 2 – трос разблокировки; 3 – зубчатый сегмент; 4 – храповик;  
 5 – ось храповика; 6 – регулировочная пружина; 7 – нажимная пружина;  
 8 – направляющий рычаг; 9 – зубчатая рейка; 10, 14 – кронштейн педали;  
 11 – стояночный тормоз барабанного типа; 12 – упор; 13 – трос стояночного тормоза  
 в оболочке; 15 – ось педали; 16 – газовый упорный амортизатор; 17 – педаль;  
 18 – рычаг разблокировки

### 10.7. Стояночный тормоз с электроприводом

*Конструкция.* Для выполнения основной функции стояночного тормоза (а именно: *затормаживания*) вращение вала электродвигателя **5** (рис. 10.9) преобразуется в небольшое поступательное движение поршня тормозного механизма (путем применения *редуктора 4* (см. рис. 10.9) с качающейся шестерней (рис. 10.10) в сочетании с винтовой передачей).

*Принцип действия качающейся шестерни.* С шестерней ведущего привода **3** жестко связана качающаяся коническая шестерня **4** (см. рис. 10.10). Ось этой шестерни находится под углом к оси ведущего привода. Поэтому при вращении ведущего привода шестерня **4** совершает круговое качательное движение.

Качающаяся шестерня **4** имеет 51 зуб, а на ведомой шестерне вала **6** – 50 зубьев. При такой конструкции зуб качающейся шестерни **4** всегда прижимается к боковой поверхности зуба ведомой шестерни **6** (см. рис. 10.10).

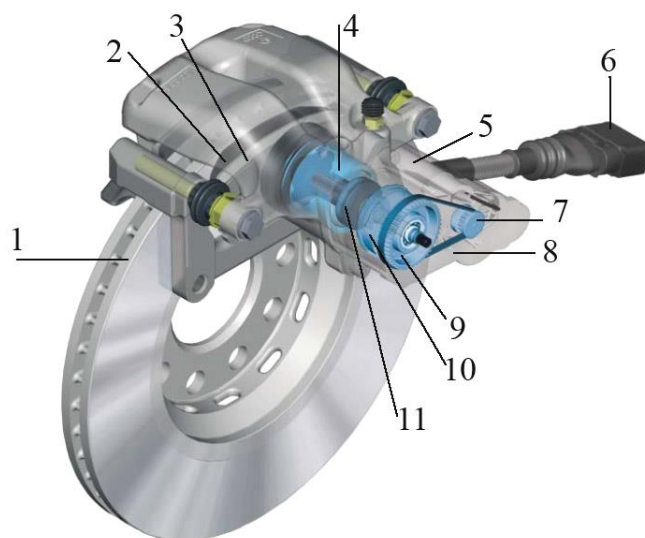


Рис. 10.9. Общая компоновка стояночного тормоза с электроприводом:  
 1 – тормозной диск; 2 – тормозная колодка; 3 – подвижная скоба; 4 – редуктор;  
 5 – электродвигатель; 6 – подвод электроэнергии; 7 – шестерня электродвигателя;  
 8 – электродвигатель; 9 – ведущая шестерня привода; 10 – качающаяся шестерня;  
 11 – ведомая шестерня электропривода

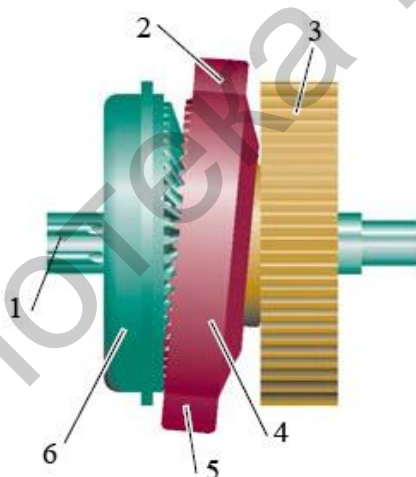


Рис. 10.10. Редуктор с качающейся шестерней:  
 1 – ведомый вал; 2, 5 – поводок; 3 – ведущая шестерня привода;  
 4 – качающаяся шестерня; 6 – ведомая шестерня

При этом *постоянно* находятся в зацеплении два зуба качающейся шестерни с *двумя зубьями* ведомой шестерни. При повороте ведущего вала на *пол-оборота* входит в зацепление другая пара зубьев (рис. 10.11, б). В результате этого при повороте ведущего вала на пол-оборота, ведомая шестерня и вместе с ней ходовой винт поворачиваются на очень маленький угол, соответствующий половине ширины зуба, что позволяет производить плавное торможение.

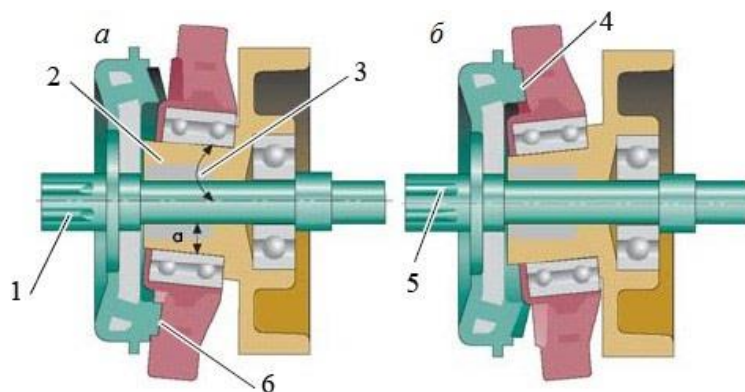


Рис. 10.11. Принцип работы редуктора:  
1, 5 – ведомый вал; 2 – ступица; 3 – наклон ступицы; 4, 6 – находящиеся в зацеплении  
зубья качающейся и ведомой шестерен

*Принцип работы стояночного тормозного механизма с электроприводом* (рис. 10.12).

1. **При затяжке** стояночного тормоза (рис. 10.12, *а*) вращение ходового винта **3** преобразуется в поступательное движение нажимной гайки **2**, связанной с цилиндром **6**, который упирается в поршень **5** тормозного механизма и прижимает через него тормозные колодки к тормозному диску. По мере прижимания уплотнительного кольца поршня **7** и колодок к тормозному диску возрастает потребление тока электродвигателем. При достижении тока определенной величины блок управления электромеханическим стояночным тормозом выключает электродвигатель. Но тормоз остается затянутым, так как резьба ходового винта **3** является самотормозящей.

2. **При снятии с тормоза** нажимная гайка **2** перемещается по ходовому винту **3** назад (вследствие вращения ходового винта в обратном направлении). Давление на цилиндр **6** прекращается. Поршень **5** отходит от тормозного диска **1** под действием:

- а) уплотнительного кольца **7** (стремящегося занять исходное положение);
- б) биения тормозного диска. При этом тормозные колодки также отходят от тормозного диска.

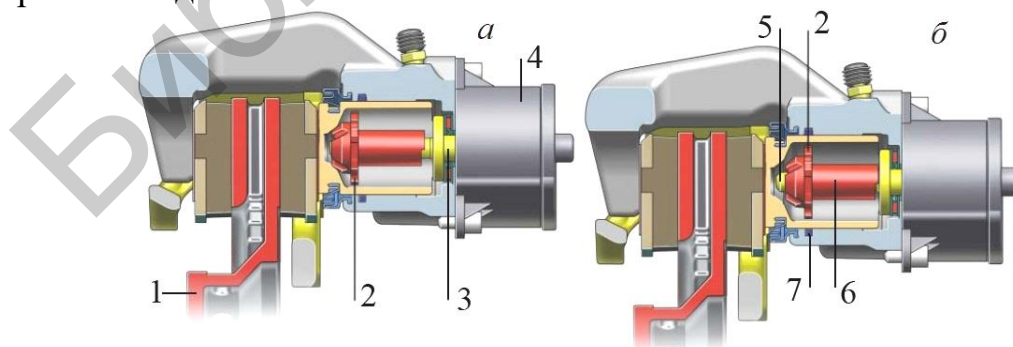


Рис. 10.12. Схема работы стояночного тормозного механизма с электроприводом:

- а* – затяжка тормоза; *б* – снятие с тормоза: 1 – тормозной диск; 2 – нажимная гайка;
- 3 – ходовой винт; 4 – редуктор; 5 – поршень тормозного механизма; 6 – цилиндр;
- 7 – уплотнительное кольцо

## 10.8. Электромеханическая тормозная система автомобиля

В отличие от гидравлических и электрогидравлических тормозных систем, рассмотренных выше, в **электромеханических системах** тормозная сила воздействует на **тормозной диск 3** (рис. 10.13) *вместо тормозной скобы*.

*Конструкция электромеханической тормозной системы:*

- **блок управления 9** (процессор), который имеет связь с датчиками и исполнительными механизмами системы по сигнальным линиям;
- **тормозная педаль 10** с имитатором чувствительности торможения **7**;
- **приводные механизмы** передних **5** и задних **13** колес;
- **выключатель 11** стояночной тормозной системы, который из салона автомобиля управляет механизмами стояночного тормоза в приводных механизмах задних **13** колес.

### **Принцип работы электромеханической тормозной системы**

Электромеханическая тормозная система приводится в действие **тормозной педалью 10**, которая через потенциометр связана с процессором **9**.

В процессор **9** поступают сигналы:

- скорость и усилие нажатия на тормозную педаль;
- частота вращения затормаживаемого колеса;
- уклонение колеса от прямолинейного курса;
- поперечное ускорение.

В блоке управления *эти сигналы* принимаются и по соответствующим программам *рассчитываются* электрические величины для оптимальной тормозной силы *и передаются* в приводные механизмы колес для осуществления процесса торможения.

*Тормозной механизм* представляет собой вмонтированный в привод колеса электродвигатель (рис. 10.14), состоящий из статора **3** и вращающегося ротора **5** с ходовым валом **4**.

При подаче тока определенной величины от процессора **9** (см. рис. 10.13) в статор **3** ротор **5** начинает вращаться и ходовой винт **4** передвигается. Соединенный с тормозной колодкой **9** (см. рис. 10.14) ходовой винт **4** прижимает или отводит тормозную колодку к (от) тормозному(го) диску(а) **8**.

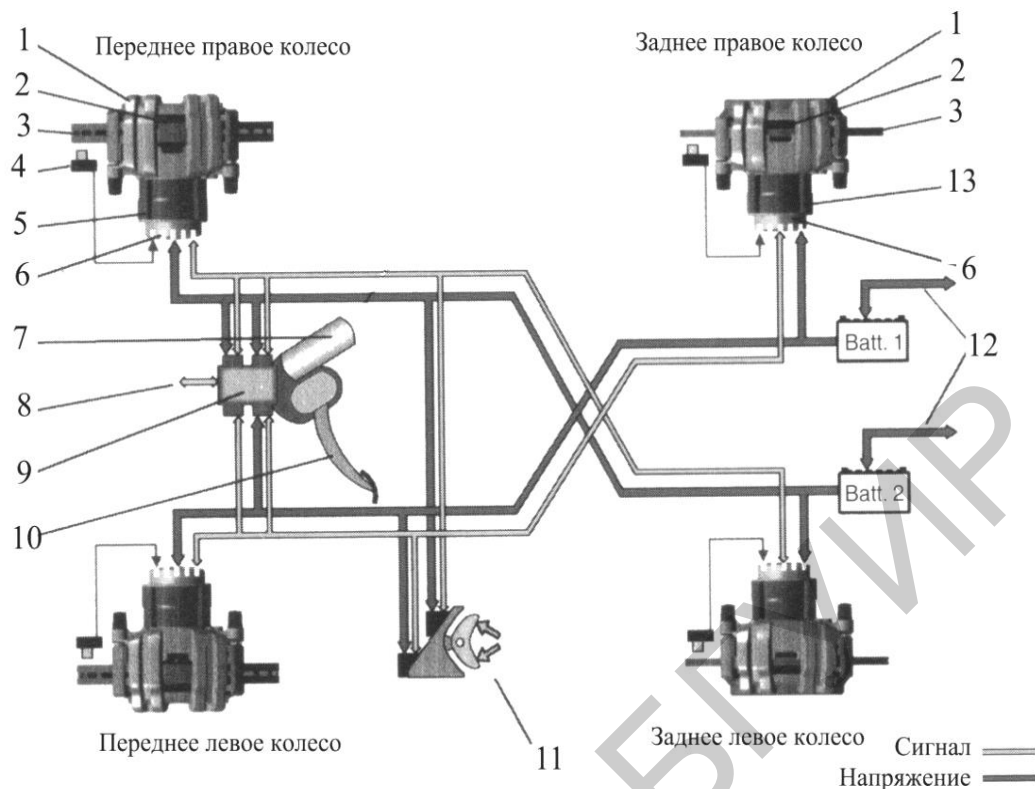


Рис. 10.13. Электромеханическая тормозная система:

- 1 – суппорт; 2 – фрикционная накладка; 3 – тормозной диск; 4 – датчик частоты вращения колеса; 5 – приводной механизм; 6 – электрическая колодка; 7 – имитатор чувствительности торможения; 8 – подсоединение бортовой электрической сети; 9 – центральный процессор и контроль АКБ; 10 – тормозная педаль; 11 – включатель стояночной тормозной системы; 12 – бортовая электрическая сеть; 13 – приводной механизм с встроенным механизмом стояночного тормоза

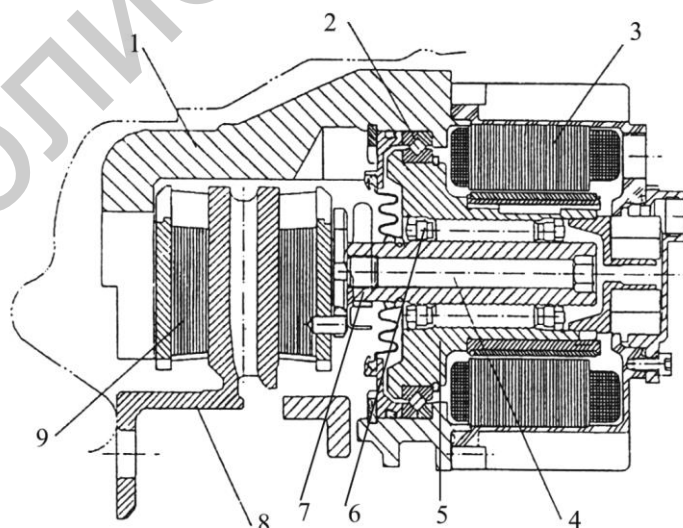


Рис. 10.14. Тормозной механизм электромеханической тормозной системы: 1 – кулак; 2 – подшипник; 3 – статор; 4 – ходовой винт (шпиндель); 5 – ротор; 6 – сателлитная шестерня; 7 – солнечная шестерня; 8 – тормозной диск; 9 – тормозная колодка



## 10.9. Электронная система стабилизации управления автомобилем и ее функции

Для предотвращения потери управляемости автомобилем при экстренном торможении на современных автомобилях применяется электронная система стабилизации (*ESP – Electronic Stability Program*).

В *ESP* входят:

- *ABS* (*АБС* – антиблокировочная система);
- *EBV* (электронное распределение тормозных усилий);
- *ASR* (антипробуксовочная система);
- *EDS* (электронная блокировка дифференциала);
- *MSR* (регулировка крутящего момента двигателя);
- *HBA* (гидравлический тормозной ассистент).

Конструктивные узлы *АБС* являются основой в конструкции *ESP*.

В *ESP* дополнительно включены также:

- датчики угловых и поперечных ускорений;
- сенсор угла поворота рулевого колеса.

*ESP* непрерывно следит за соответствием ускорения автомобиля и торможения, в то время как *АБС* включается только при торможении. Общая компоновка *ESP* показана на рис. 10.15:

- 1 – электрогидравлический блок с контроллером;
- 2 – четыре датчика частоты вращения колеса;
- 3 – датчик угла поворота рулевого колеса;
- 4 – датчик линейных и угловых скоростей;
- 5 – электронный блок управления двигателя.

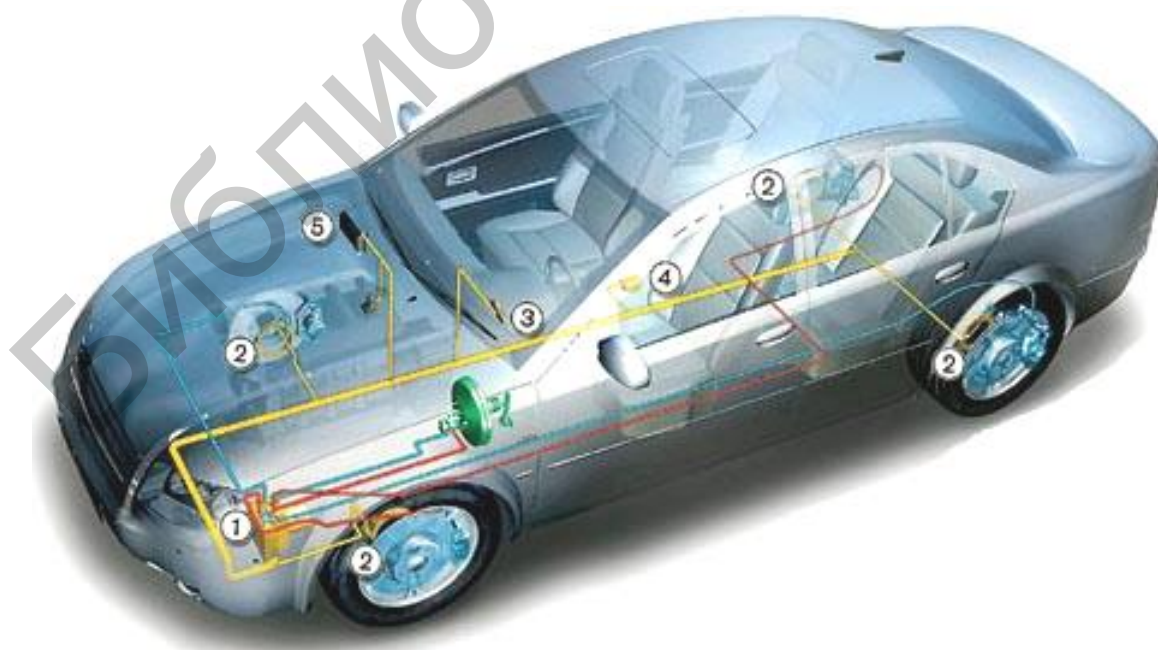


Рис. 10.15. Электронная система стабилизации управления автомобилем

### Функции ESP

1. Если автомобиль плохо входит в поворот и скользит передними колесами, ESP притормаживает внутреннее заднее колесо.
2. Если заносит заднюю часть, ESP притормаживает наружное переднее колесо.
3. При заносе заднеприводного автомобиля ESP уменьшает частоту вращения коленвала двигателя.
4. При угрозе опрокидывания автомобиля ESP уменьшает поперечное ускорение, притормаживает передние колеса и снижает крутящий момент двигателя.
5. Если дорожное покрытие под одной стороной автомобиля (например, слева) скользкое, то ESP притормаживает пробуксовывающие колеса, а на другие колеса (справа) через дифференциал передает повышенное тяговое усилие.
6. При рыскании прицепа автопоезда на скоростях от 75 до 120 км/ч колебательные (резонансные) явления регистрируются датчиком угла рысканья, анализируются блоком управления и оказывается регулирующее (притормаживающее) воздействие то на одно, то на другое переднее колесо или изменяется частота вращения коленвала при одновременном притормаживании всех четырех колес.

### 10.10. Антиблокировочные тормозные системы автомобиля

При обычном движении во время торможения автомобиля на колеса действуют разные силы (рис. 10.16):  $G$  – вес автомобиля;  $r$  – радиус колеса;  $F_B$  – тормозная сила;  $v_F$  – скорость автомобиля;  $v_R$  – усредненная скорость вращения колес;  $\alpha$  – угол увода;  $\omega$  – угловая скорость вращения колес; причем  $v_F \approx v_R$ .

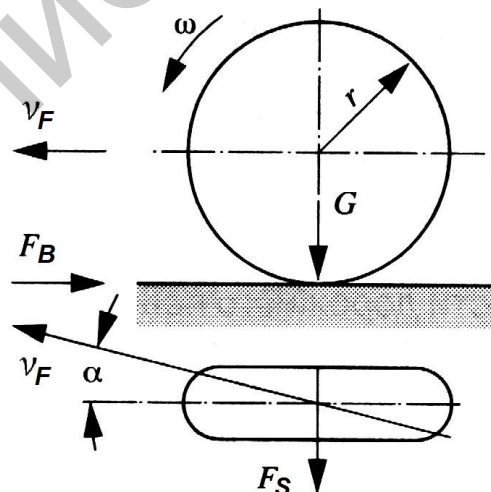


Рис. 10.16. Силы, действующие на колесо при торможении

При интенсивном торможении, когда  $v_F > v_R$ , возникает скольжение колеса

$$\lambda = \frac{vF - vR}{vF} \cdot 100 \%,$$

где  $\lambda$  – коэффициент скольжения.

Если  $\lambda = 0 \%$  (рис. 10.17), то колеса вращаются свободно (состояние свободного качения). Если  $\lambda = 100 \%$ , то колесо блокируется, что соответствует юзу.

На рис. 10.17 приведена зависимость коэффициента сцепления в направлении движения от величины относительного скольжения колеса  $\mu_{HF} = f(\lambda)$  и зависимость коэффициента сцепления в поперечном направлении  $\mu_S$  от  $\lambda$   $\mu_S = f(\lambda)$ .

На рис. 10.17 обозначена зона устойчивого диапазона (до  $\lambda = 20 \%$ ) и зона нестабильного диапазона (при  $\lambda > 20 \%$ ).

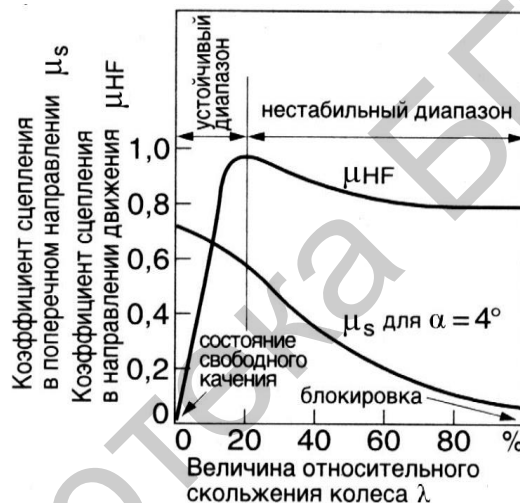


Рис. 10.17. Зависимость коэффициента сцепления от скольжения колеса

Таким образом, независимо от конструкции любая АБС, которая решает задачу автоматического регулирования тормозного момента, должна включать следующие элементы (рис. 10.18):

- датчики **5** (угловой скорости вращения колеса, давления рабочего тела в тормозном приводе и др.);
- блок управления **4**, принимающий информацию от датчиков и после логической обработки отдающий команды исполнительным механизмам;
- исполнительные механизмы **1** (модуляторы давления), которые по команде из блока управления снижают, повышают или удерживают на постоянном уровне давление в колесном тормозном цилиндре **3**;
- главный тормозной цилиндр **2**, непосредственно связанный с тормозной педалью.

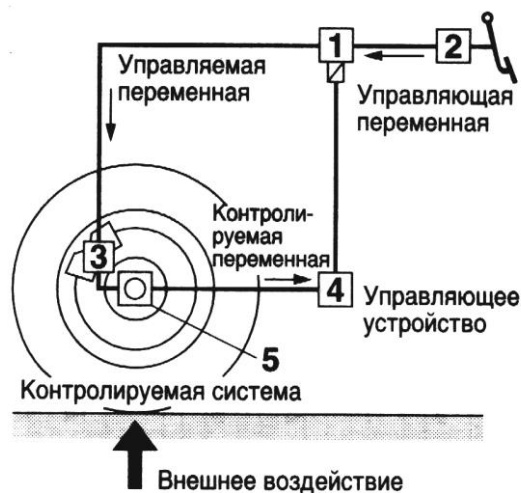


Рис. 10.18. Схема управления АБС

### 10.11. Схемы установки антиблокировочной тормозной системы на автомобиле

Схемы установки АБС на автомобиле:

1. На рис. 10.19, а изображена наиболее сложная и дорогостоящая схема с автономным регулированием каждого из четырех колес (четыре колесных датчика угловых скоростей, четыре модулятора давления (исполнительных механизмов), четыре блока управления и главный тормозной цилиндр).

2. На рис. 10.19, б изображена схема АБС с регулированием торможения двух задних колес (используются два колесных датчика угловых скоростей, один исполнительный механизм (модулятор давления), один блок управления и главный тормозной цилиндр).

3. На рис. 10.19, в изображена самая простая схема регулирования торможения двух задних колес (используется один датчик угловой скорости, размещенный на карданном валу, один модулятор давления, один блок управления и главный тормозной цилиндр).

4. На рис. 10.19, г изображены четыре датчика угловых скоростей с регулятором торможения (каждого колеса), два модулятора, два блока управления и главный тормозной цилиндр. Эта схема, как и схема на рис. 10.19, а, предназначена для регулирования торможения каждого из четырех колес.

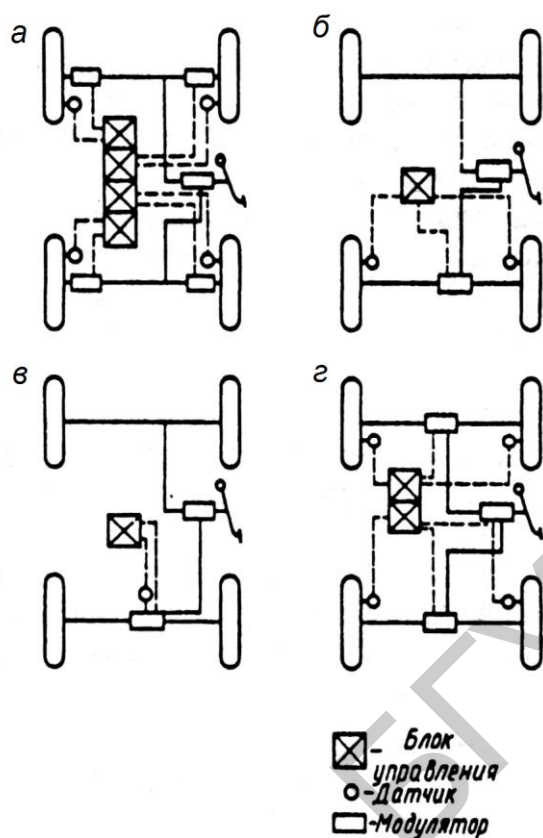


Рис. 10.19. Схема установки АБС на автомобиле

### 10.12. Схема антиблокировочной системы двухфазового тормозного цикла автомобиля

Процесс работы АБС может проходить по двух- или трехфазовому циклу.

При двухфазовом цикле:

**1-я фаза** – нарастание давления в тормозной системе;

**2-я фаза** – сброс давления.

При трехфазовом цикле:

**1-я фаза** – нарастание давления;

**2-я фаза** – сброс давления;

**3-я фаза** – поддержание давления на постоянном уровне.

Принцип работы АБС при двухфазовом цикле.

При установке на легковом автомобиле АБС возможны тормозные гидроприводы замкнутого и разомкнутого типа.

1. Замкнутый (гидростатический) привод (привод низкого давления) работает по принципу изменения объема заполнения тормозной системы тормозной жидкостью в процессе торможения. Исполнительный механизм АБС (или модулятор давления) работает по двухфазовому циклу (рис. 10.20).

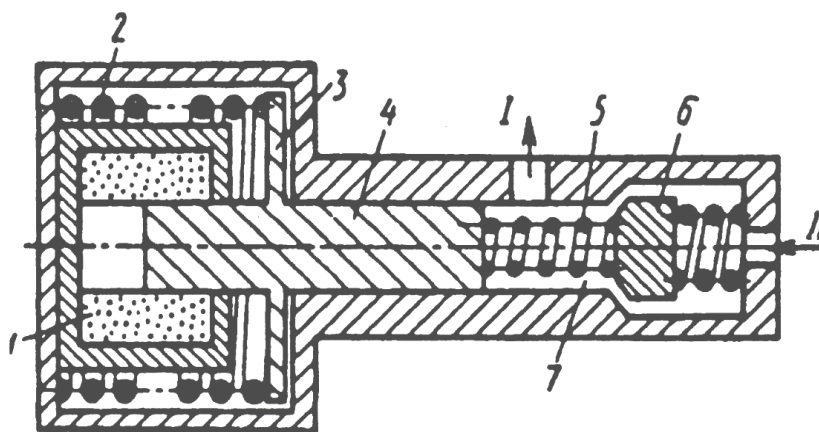


Рис. 10.20. Схема модулятора давления гидростатического тормозного привода

**1-я фаза – нарастание давления.** Обмотка электромагнита **1** отключена от источника тока. Якорь **3** с плунжером **4** под действием пружины **2** находится в крайнем правом положении. Клапан **6** пружиной **5** отжат вправо. При нажатии тормозной педали давление жидкости, создаваемое в главном цилиндре, из вывода **II** через вывод **I** передается к рабочим тормозным цилиндрам. Тормозной момент растет.

**2-я фаза – сброс давления.** При отжатии тормозной педали блок управления подключает обмотку электромагнита **1** к источнику питания. Якорь **3** с плунжером **4** и клапан **6** перемещаются влево; клапан **6** перекрывает вывод **I** жидкости к рабочим тормозным цилиндрам колес. Тормозной момент снижается.

2. *Разомкнутый*, или двухконтурный, тормозной гидропривод (привод высокого давления) (рис. 10.21) имеет гидронасос высокого давления **7** и два гидроаккумулятора **4**.

Быстродействие гидропривода высокого давления выше быстродействия гидростатического привода.

**1-я фаза.** Давление, пропорциональное усилию нажатия тормозной педали, от гидроаккумулятора **4** через обратные клапана **5** и двухсекционные клапана управления **6** передается к исполнительным механизмам (модуляторам **2**), которые электрически связаны с электронными блоками управления **3**, получающими информацию от колесных датчиков **1**.

**2-я фаза.** При отжатой тормозной педали модуляторы давления **2** автоматически возвращают излишки тормозной жидкости в сливной бочок.

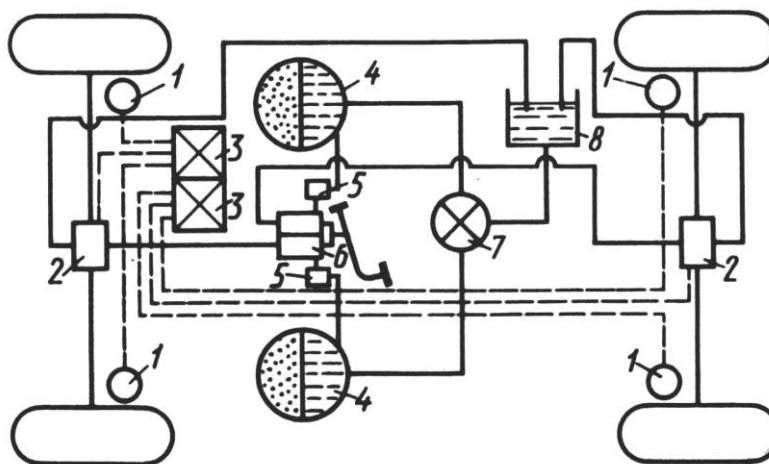


Рис. 10.21. Двухконтурный тормозной привод с АБС

*Принцип действия модулятора 2 (см. рис. 10.21).*

Схема двухфазового исполнительного тормозного механизма (модулятора давления) для тормозного гидропривода *высокого* давления приведена на рис. 10.22.

*Фазы работы*

**1-я фаза – нарастание давления** (рис. 10.22, а). Блоком управления АБС катушка соленоида отключена от источника тока. Золотник и якорь соленоида усилием пружины перемещены *в верхнее положение*.

При нажатии тормозной педали клапан управления соединяет гидроаккумулятор (вывод **I**) с нагнетательным каналом модулятора давления. Тормозная жидкость под давлением поступает через вывод **II** к рабочим цилиндрам тормозных механизмов. *Тормозной момент растет.*

**2-я фаза – сброс давления** (рис. 10.22, б). Блок управления подключает катушку соленоида к источнику питания. Якорь соленоида перемещает золотник *в нижнее положение*. Подача тормозной жидкости в рабочие цилиндры прерывается: вывод **II** рабочих тормозных цилиндров сообщается с каналом слива жидкости **III**. *Тормозной момент снижается.*

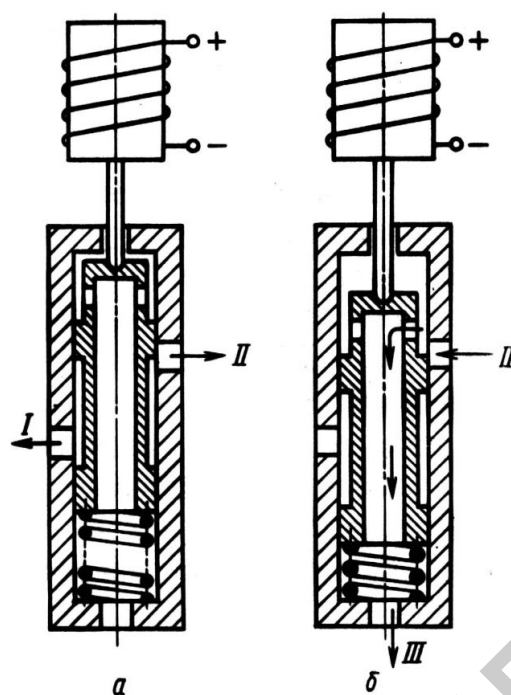


Рис. 10.22. Схема работы двухфазового модулятора высокого давления

### 10.13. Схема антиблокировочной системы трехфазового тормозного цикла

Эта система (электрогидравлический модулятор) **2** (рис. 10.23) встраивается в качестве дополнительной в обычную тормозную систему, т. е. между главным тормозным цилиндром **3** и колесными цилиндрами **6** устанавливаются нагнетательные **Н** и разгрузочные **Р** электромагнитные клапана **Н/Р**, которые либо поддерживают на постоянном уровне, либо снижают давление в приводах колес или в контурах.

Электромагнитные клапана **Н/Р** приводятся в действие БУ – блоком управления **1**, обрабатывающим информацию, поступающую от четырех колесных датчиков **8**. Блок управления **1**, куда поступают данные о скорости вращения каждого колеса и ее изменениях, определяет момент возникновения блокировки, затем при необходимости производит сброс давления, включает гидронасос **5**, который возвращает часть тормозной жидкости обратно в питательный бачок **4** главного тормозного цилиндра **3**.

Схематично электрогидравлический модулятор изображен на рис. 10.24. В нем сконструированы: электромагнитные клапана **1**, гидронасос **5** с аккумуляторами давления жидкости **7**, реле электромагнитных клапанов **3** и реле гидронасоса **2**.



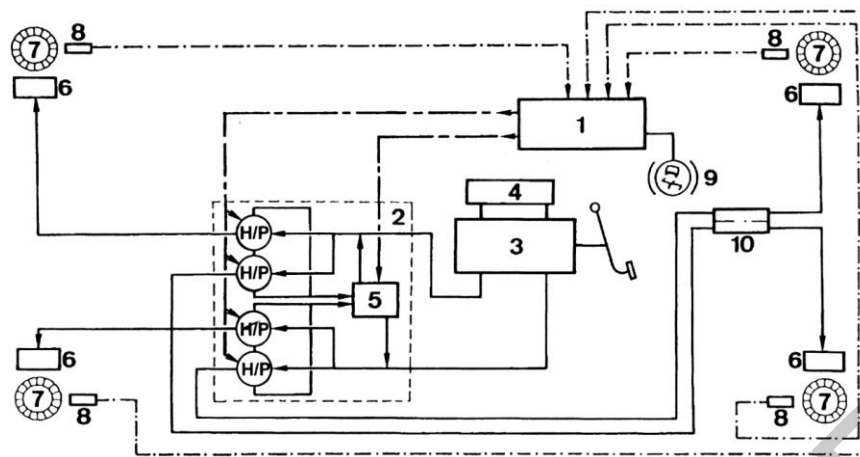


Рис. 10.23. Функциональная схема АБС 2S

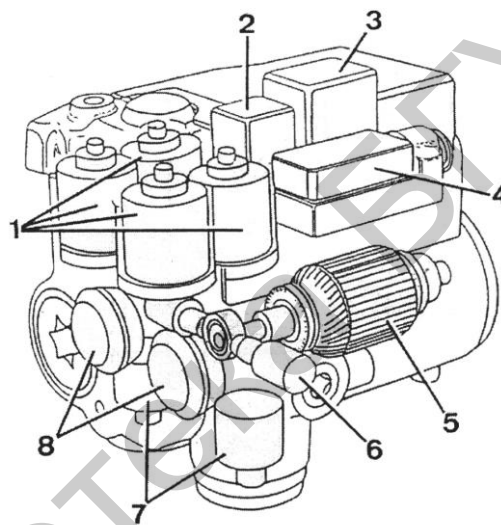


Рис. 10.24. Электрогидравлический модулятор:

- 1 – электромагнитные клапана; 2 – реле гидронасоса; 3 – реле электромагнитных клапанов;  
 4 – электрический разъем; 5 – электродвигатель гидронасоса;  
 6 – радиальный поршневой элемент насоса; 7 – аккумулятор давления; 8 – глушитель

Работа системы АБС подразделяется на **три фазы**:

- 1 – нормальное или обычное торможение;
- 2 – удержание давления на постоянном уровне;
- 3 – сброс давления.

**1. Фаза нормального торможения (рис. 10.25, а).**

При обычном торможении напряжение на электромагнитных клапанах **9** отсутствует, из главного тормозного цилиндра **8** тормозная жидкость под давлением свободно проходит через открытый электрогидравлический модулятор **4** и приводит в действие колесные тормозные цилиндра **3**.

**2. Фаза удержания давления на постоянном уровне (рис. 10.25, б).**

При появлении признаков блокировки одного из колес блок управления **9**, получив соответствующий сигнал от колесного датчика **2**, переходит к выполнению программы цикла удержания давления жидкости на постоянном уровне путем разъединения главного и соответствующего колесного цилиндра. Для

этого на обмотку электрогидравлического модулятора **4** подается от аккумулятора через блок управления **9** ток силой **2А**. Поршень модулятора **4** перемещается и перекрывает поступление тормозной жидкости из главного цилиндра.

Давление в рабочем цилиндре колеса остается неизменным, даже если водитель продолжает нажимать на педаль тормоза.

### 3. Фаза сброса давления (рис. 10.25, в).

Если опасность блокировки колеса сохраняется, то блок управления **9** подает на обмотку электрогидравлического модулятора **4** ток большей силы – **5А**. В результате дополнительного перемещения поршня модулятора **4** открывается канал, через который тормозная жидкость сбрасывается в аккумулятор давления жидкости **6**. Давление в колесном цилиндре **3** падает, блок управления выдает команду на включение гидронасоса **7**, который отводит часть жидкости из аккумулятора давления. Педаль тормоза приподнимается, что ощущается по биению тормозной педали.

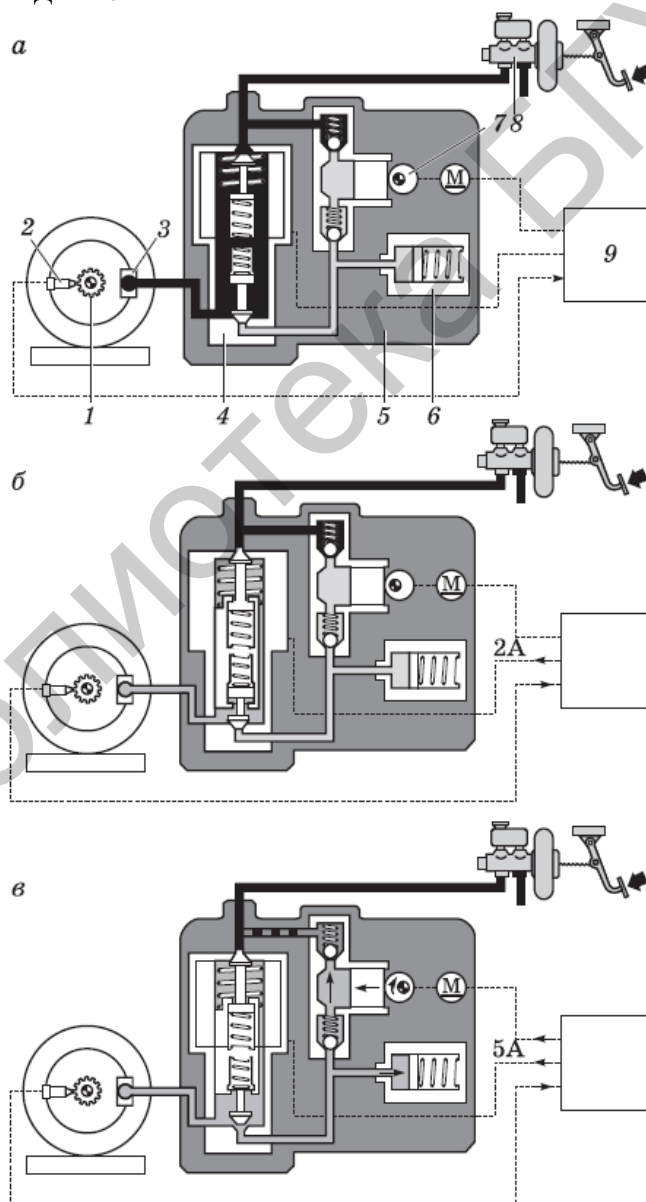


Рис. 10.25. Фазы торможения

## 10.14. Антиблокировочная тормозная система автомобиля фирмы Bosch

Отличием этой системы (рис. 10.26) является то, что уравнильный цилиндр **7** содержит не четыре электромагнитных клапана, а три.

В состав модулятора АБС входят (см. рис. 10.26):

- три электромагнитных клапана (два для переднего моста **2** и один для заднего моста **4**);
- уравнильный цилиндр **7**;
- два нагнетательных гидронасоса **5**, два аккумулятора давления **3**.

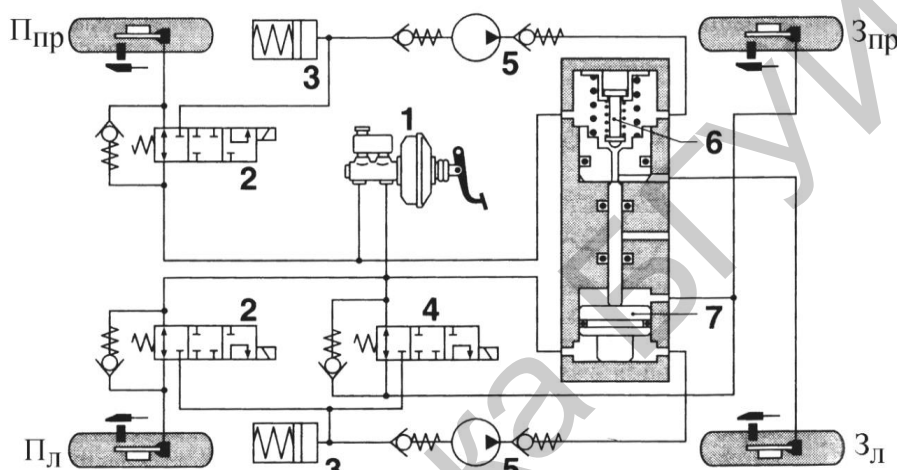


Рис. 10.26. АБС 2Е фирмы Bosch:

- 1 – главный тормозной цилиндр; 2 – электромагнитный клапан; 3 – аккумулятор давления;  
4 – электромагнитный клапан заднего моста; 5 – нагнетательный насос;  
6 – перепускной клапан; 7 – поршень уравнильного цилиндра;  
П<sub>п</sub> – переднее правое колесо; П<sub>л</sub> – переднее левое колесо; З<sub>п</sub> – заднее правое колесо;  
З<sub>л</sub> – заднее левое колесо

### Режимы работы АБС

**1.** При обычном торможении тормозная жидкость под давлением из главного цилиндра **1** поступает в рабочие цилиндры обоих передних колес и **правого** заднего колеса, через три электромагнитных клапана, которые открыты.

В рабочий цилиндр **левого** заднего колеса тормозная жидкость подается через открытый перепускной клапан **6** уравнильного цилиндра **7**.

**2.** При опасности блокировки одного из передних колес блок управления выдает команду на закрытие соответствующего электромагнитного клапана **2**, предотвращая повышение давления в колесном цилиндре.

Если опасность блокировки колеса не устранена, к электромагнитному клапану **2** подводится ток, обеспечивающий открытие участка магистрали между рабочим цилиндром колеса и аккумулятором давления **3**. Давление в приводе тормоза падает, после чего блок управления выдает команду на включение гидронасоса **5**, который перегоняет жидкость в главный цилиндр **1** через уравнильный **7**.

3. При опасности блокировки одного из задних колес давление тормозной жидкости регулируется в обоих задних тормозах одновременно, чтобы не допустить движения задних колес юзом.

В этом случае электромагнитный клапан 4 заднего моста устанавливается в положение удержания постоянного давления и перекрывает участок магистрали между главным цилиндром 1 и колесным цилиндром. Уравнительный цилиндр 7 (из-за образующейся разницы давления в рабочих полостях над ним и под ним) всякий раз устанавливается в такое положение, при котором давление в приводах обоих задних тормозов одинаково.

Более совершенным является АБС 5-й серии фирмы Bosch.

Блок 10 (рис. 10.27) представляет более совершенную замкнутую гидравлическую систему автомобиля Volvo S40.

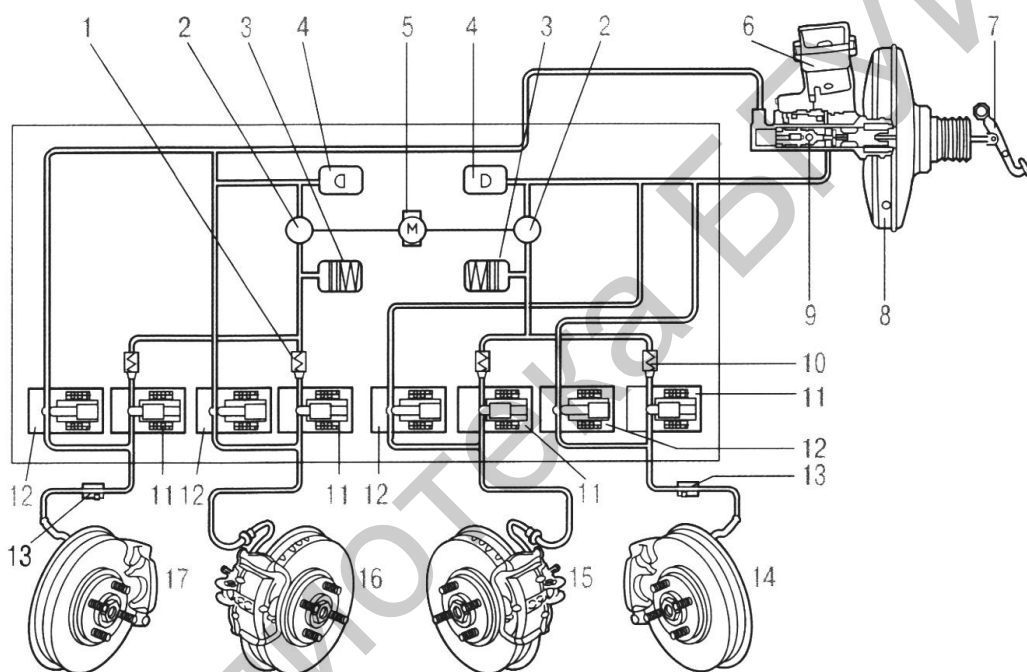


Рис. 10.27. Схема АБС 5-й серии фирмы Bosch:

- 1 – обратные клапана; 2 – клапан плунжерного насоса; 3 – гидроаккумулятор;
- 4 – камера подавления пульсации в системе; 5 – электродвигатель с эксцентриковым плунжерным насосом; 6 – бачок для тормозной жидкости; 7 – педаль рабочего тормоза;
- 8 – усилитель; 9 – главный тормозной цилиндр; 10 – блок АБС;
- 11 – выпускные управляемые клапаны; 12 – впускные управляемые клапаны;
- 13 – дросселирующий клапан; 14–17 – тормозные механизмы

В блок АБС входят элементы:

- 1 – четыре обратных клапана;
- 2 – два клапана плунжерного насоса;
- 3 – два гидроаккумулятора;
- 4 – две камеры подавления пульсации в системе;
- 5 – электродвигатель с плунжерным насосом;

**11** – четыре выпускных управляемых клапана;

**12** – четыре впускных управляемых клапана.

Два дросселирующих клапана **13** устанавливаются для снижения тормозного усилия на задних колесах с целью недопущения их блокировки.

Тормозные механизмы **14–17** задних колес аналогичны передним, но:

**1)** имеют сплошные тормозные диски (на передних – вентилируемые);

**2)** исполнительный механизм стояночного тормоза.

Демпферные камеры **4** сглаживают (подавляют) пульсации, возникающие в системе при работе электродвигателя с плунжерным насосом **5**.

**Принцип действия** АБС 5-й серии фирмы Bosch (см. рис. 10.27)

При нажатии педали **7** тормоза ее рычаг через вакуумный усилитель **8** передает усилие на поршень главного цилиндра **9**, вследствие чего сообщение контуров с бачком **6** для тормозной жидкости перекрывается. Это приводит к росту давления в тормозных контурах, оно действует на поршни тормозных цилиндров колес. В результате – тормозные колодки прижимаются к дискам.

При отпускании педали все механизмы возвращаются в исходное положение.

## **11. Топливная система автомобиля**

### ***11.1. Назначение и конструктивное исполнение топливной системы автомобиля***

Чтобы обеспечить получение максимальной мощности двигателя при минимальном расходе топлива, не нарушая экологические нормы и требования к выхлопным газам, необходима *топливная система* автомобиля, формирующая оптимальную по составу топливную смесь при любых режимах работы двигателя и движения автомобиля.

*Показатели оценки топливной экономичности* автомобиля:

- средний расход топлива в типовых дорожных условиях (в литрах или килограммах на 100 км пути);
- топливная характеристика установившегося движения;
- контрольный расход топлива при движении по холмистой дороге;
- топливная характеристика для *циклического* движения (автобусы, специальные автомобили).

*Мощность двигателя* автомобиля определяется его конструктивными и эксплуатационными параметрами:

- число и объем цилиндров;
- степень сжатия;
- вид топлива;
- режим работы (температура, число оборотов и т. д.);
- параметры окружающего воздуха;
- условия эксплуатации.

В тепловом поршневом двигателе внутреннего сгорания повышение температуры рабочего тела осуществляется за счет сгорания (экзотермической реакции окисления) топлива *в камере сгорания* (пространство, ограниченное днищем поршня, боковой поверхностью цилиндра и головкой блока цилиндров).

*Собственно горение* обусловлено сочетанием химических и физических процессов, включающих:

- смешение топлива и окислителя;
- теплообмен;
- гидродинамические и газодинамические явления.

*Процессу сгорания* топлива предшествует *процесс смесеобразования* (из капель и паров топлива с воздухом). На процесс сгорания смеси влияют граничные значения *коэффициента избытка воздуха*, т. е. пределы воспламеняемости смеси  $\lambda_{\text{верх.предел}} = 0,3 \dots 0,5$  К;  $\lambda_{\text{нижн.предел}} = 1,2 \dots 1,3$  К.

*В дизельных двигателях* качество смеси обуславливается качеством распыления топлива.

Альтернативу карбюратору успехами машиностроения и электроники составили **системы впрыска топлива**.

Сегодня **впрыск топлива** применяется на **76 %** машин, **карбюратор** – на **10 %**, **дизельный** двигатель – на **14 %**.

**Преимущества систем впрыска** по сравнению с карбюраторными системами:

- более равномерное распределение смеси по цилиндрам;
- улучшения наполняемости цилиндров воздухом, что повышает мощность двигателя;
- высокая степень оптимизации работы двигателя во всех режимах его работы благодаря точной регулировке состава смеси.

## ***11.2. Система впрыска топлива во впускной трубопровод двигателя автомобиля***

*Виды систем впрыска:*

- системы впрыска *во впускной трубопровод*;
- системы впрыска *в цилиндры двигателя (непосредственный впрыск)*.

**А. Системы впрыска во впускной трубопровод:**

- *механические* системы непосредственного впрыска *без электронного блока управления*;
- *механические* системы непрерывного впрыска *с электронным блоком управления*;
- *электронные* системы *многоточечного впрыска*, в которых управление системами питания и сжигания осуществляется *отдельными блоками управления*;

- электронные системы *многоточечного впрыска*, в которых управление системами питания и сжигания осуществляется *одним блоком управления*;
- электронные системы *одноточечного впрыска* (*моносистемы*);
- электронные системы *впрыска* двигателей, работающих на *газовом топливе*.

Работу системы впрыска топлива во впускной трубопровод рассмотрим на примере аппаратуры Bosch (рис. 11.1).

Топливо из бака **1** подается насосом **2** через фильтр **3** к редукционному клапану **4** и форсункам: рабочей – **8** (работает при температуре выше +40 °С) и пусковой с электромагнитными клапанами – **9** (работает при температуре ниже +40 °С и дает обогащенную смесь (топлива больше, чем воздуха)). Пусковая форсунка **9** отключается блоком управления после +40 °С. Воздух в двигатель поступает по впускной трубе с измерителем расхода воздуха – поворотная заслонка **12**, которая нагружена пружиной. Положение заслонки **12** корректируется байпасным каналом **11**.

В системе имеется также:

- пусковой датчик температуры **5**;
- датчик положения заслонки **6**;
- датчик температуры охлаждения жидкости **7**.

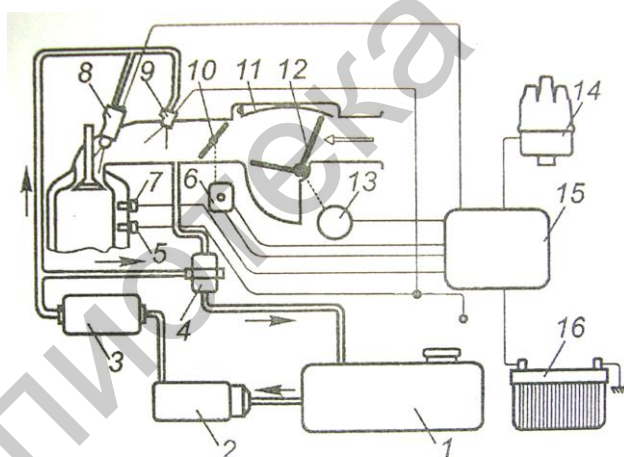


Рис. 11.1. Схема впрыска бензина:

- 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – фильтр; 4 – редукционный клапан,
- 5 – датчик температуры пусковой форсунки; 6 – датчик положения дроссельной заслонки;
- 7 – датчик температуры двигателя; 8 – рабочая форсунка; 9 – пусковая форсунка;
- 10 – дроссельная заслонка; 11 – байпасный канал; 12 – измеритель расхода воздуха;
- 13 – потенциометр; 14 – прерыватель-распределитель; 15 – электронный блок;
- 16 – аккумулятор

Форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленвала двигателя. Синхронизация срабатывания форсунок с вращением вала двигателя осуществляется с помощью контактного датчика частоты вращения, встроенного в прерыватель-распределитель **14** системы зажигания. Дозирование количества топлива зависит от длительности электрического импульса, поступающего

в обмотку катушки электромагнита форсунки. Подачу воздуха регулирует водитель дроссельной заслонкой **10**.

Электронный блок управления **15**, запитываемый от аккумулятора **16**, получает информацию от датчиков **5**, **6**, **7** и выдает управляющие сигналы на исполнительные механизмы **8**, **9**.

### **11.3. Система непосредственного впрыска топлива в цилиндры двигателя автомобиля**

Для питания *дизельных* двигателей легковых автомобилей в настоящее время применяются следующие *топливные системы*:

- система питания (СП) с топливным насосом высокого давления (ТНВД), имеющая *рядное расположение плунжерных пар*, без электронного блока управления (ЭБУ);
- СП с ТНВД, имеющими *рядное расположение плунжерных пар*, с ЭБУ;
- СП с *одноплунжерными ТНВД без ЭБУ*;
- СП с *одноплунжерными ТНВД с ЭБУ*;
- *аккумуляторные топливные системы* с электронным управлением;
- топливные системы с насосами-форсунками;
- топливные системы насос – форсунка – трубопровод;
- газодизельные топливные системы.

Система топливного питания дизельных двигателей с одноплунжерным распределительным ТНВД с ЭБУ показана на рис. 11.2

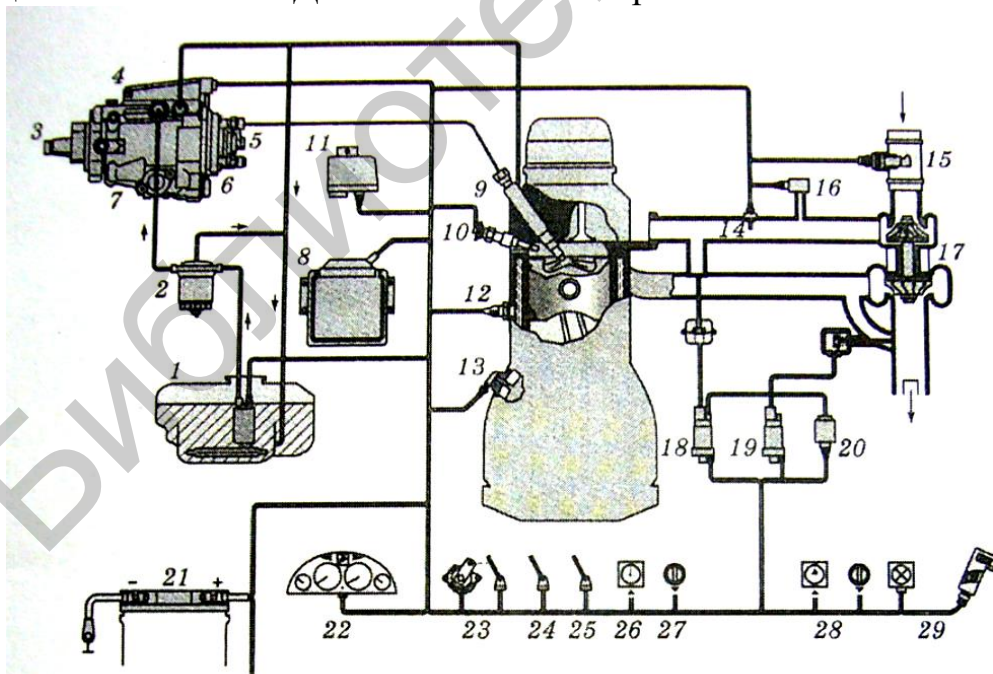


Рис. 11.2. Система непосредственного впрыска топлива в дизельном двигателе с ТНВД

Конструкция системы впрыска топлива (основные элементы):

- топливный бак **1**;



- фильтр очистки топлива **2**;
  - ТНВД **3** (топливный насос высокого давления);
  - ЭБУ **4** ТНВД;
  - электромагнитный клапан управления подачи топлива **5**;
  - электромагнитный клапан угла опережения впрыска **6** и автомат опережения впрыска **7**;
  - ЭБУ двигателя **8**;
  - форсунка **9**;
  - свеча **10**;
  - ЭБУ свечей накаливания **11**;
  - датчик температуры охлаждения жидкости **12**;
  - датчик частоты вращения коленвала **13**;
  - датчик температуры воздуха на впуске **14**;
  - расходомер воздуха **15**;
  - датчик давления наддува **16**;
  - турбокомпрессор **17**;
  - вакуумный насос **20**;
  - аккумуляторная батарея **21**;
  - приборная панель с указателем расхода топлива **22**;
  - датчик положения педали акселератора;
- Более подробная схема ТНВД **3** изображена на рис. 11.3.

#### *Принцип ее работы*

Давление топливоподкачивающего насоса (ТПН) **17** шиберного типа зависит от частоты вращения колеса насоса. Клапан **2** регулирует давление, т. е. изменяет давление нагнетания, создаваемое топливоподкачивающим насосом, в зависимости от требуемого расхода топлива. От ТПН **17** топливо поступает к насосу **14** и устройству опережения впрыска **16**.

Если создаваемое давление топлива превышает определенную величину ( $1000 \text{ кгс/см}^2$ ), то пружина сжимается и поршень **3** открывает отверстия, через которые топливо сливается по каналам насоса **17** к подводящему пазу.

Для охлаждения ТПН **17** и удаления из него воздуха топливо проходит через клапан дросселирования перепуска **4** и через отводной канал **5**. Дроссель **6** обеспечивает автоматическое удаление воздуха из насоса **17**.

Распределяет и регулирует момент подачи топлива электромагнитный клапан управления подачей **9**. Уровень давления топлива регулируется клапаном **2** с поршнем **3**.

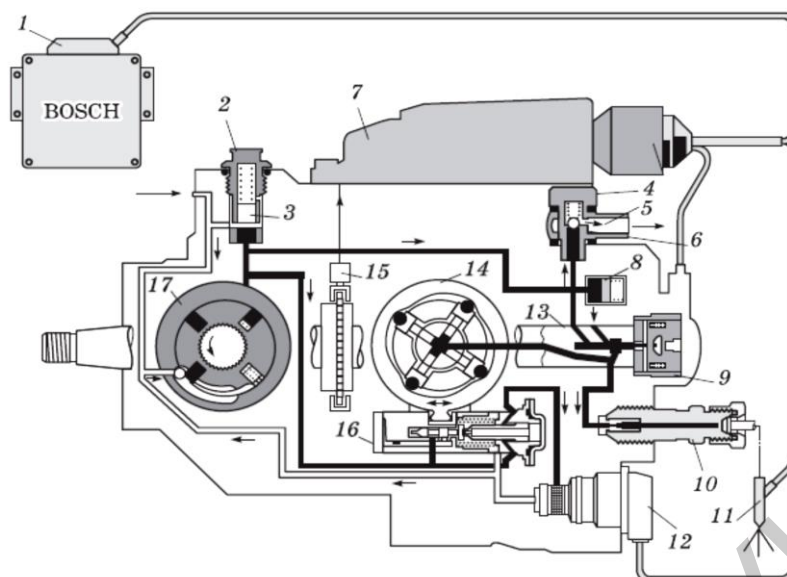


Рис. 11.3. Гидравлическая схема ТНВД VP-44:

- 1 – блок управления работой дизеля; 2 – клапан регулирования давления; 3 – поршень клапана регулирования давления; 4 – клапан дросселирования перепуска; 5 – отводной канал; 6 – дроссель; 7 – блок управления ТНВД; 8 – поршневой демпфер; 9 – электромагнитный клапан управления подачей; 10 – нагнетательный клапан; 11 – форсунка; 12 – электромагнитный клапан установки момента начала впрыскивания; 13 – ротор-распределитель; 14 – насосная секция ТНВД с радиальным движением плунжеров; 15 – датчик угла поворота приводного вала ТНВД; 16 – устройство опережения впрыскивания; 17 – топливоподкачивающий насос

## 12. Подвеска легкового автомобиля

### 12.1. Элементы и типы подвесок легкового автомобиля

*Подвеска автомобиля* предназначена для обеспечения упругой связи между колесами и кузовом автомобиля (для гашения колебаний, возникающих при движении по неровной дороге).

*В подвеску* автомобиля входят:

– *направляющие элементы* – всевозможные *рычаги* (продольные, поперечные и др.) – обеспечивают соединение и передачу сил на кузов автомобиля;

– *упругие элементы*:

а) *металлические* – *пружины, рессоры, торсионы* (на скручивание) и т. д.;

б) *резиновые буферы*;

в) *пневматические*;

г) *гидропневматические* (газовые или с рабочей жидкостью);

– *гасящие устройства* – *амортизаторы* (однотрубные, т. е. одноцилиндровые; двухтрубные). Их работа основана на гидравлическом сопротивлении, возникающем при протекании жидкости из одной полости цилиндра в другую через калибровочные отверстия (клапана);

– *стабилизатор поперечной устойчивости* – упругая штанга, соединенная через стойки с элементами подвески, противодействующая крену автомобиля при повороте за счет перераспределения веса по его колесам;

– *опора колес* (для передней оси – *поворотный кулак*) воспринимает усилия оси колес и распределяет их на элементы подвески (рычаги, амортизаторы);

– *эластичные элементы* – для присоединения элементов подвески к кузову (через *подрамник*) – гасят вибрацию, а значит, и снижают шум в подвеске;

– *шаровая опора* – шарнирное соединение, которое за счет степени свободы обеспечивает правильную геометрию поворота ведущих колес; устанавливается на передней подвеске, а также на днище тяги рулевого механизма;

– *зависимая подвеска* объединяет колеса жесткой балкой, образуя *мост* автомобиля; при этом перемещение одного из колес в поперечной плоскости передается другому колесу;

– *независимая подвеска* обеспечивает отсутствие связи между колесами; колеса перемещаются в поперечной плоскости независимо друг от друга, чем достигается повышение плавности хода.

Типы независимых подвесок.

Для *задней* подвески используются: подвеска на продольных рычагах, торсионная подвеска.

Для *передней и задней* оси автомобиля используются: *пневматическая* подвеска (и гидропневматическая) фирмы *Citroen* (Франция), *активная* (адаптивная) подвеска, *подвески на двойных поперечных рычагах*, *многорычажная подвеска (Multilink)* фирмы *Audi* (нем.), *подвеска МакФерсон*.

## **12.2. Многорычажная подвеска задней оси легкового автомобиля**

*Многорычажная подвеска* (рис. 12.1) в основном применяется на *задней* оси легкового автомобиля. На некоторых моделях (например, *Audi*) используется также и на *передней* оси.

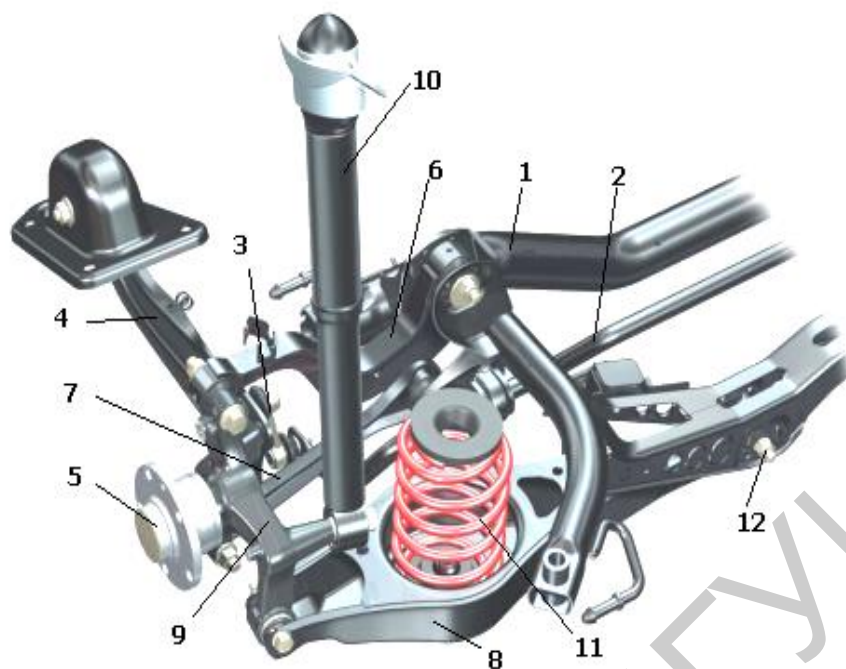


Рис. 12.1. Схема многорычажной подвески:

- 1 – подрамник; 2 – стабилизатор поперечной устойчивости; 3 – стойка стабилизатора поперечной устойчивости; 4 – продольный рычаг; 5 – ступица колеса; 6 – верхний поперечный рычаг; 7 – передний нижний поперечный рычаг; 8 – задний нижний поперечный рычаг; 9 – корпус опоры колеса; 10 – амортизатор; 11 – винтовая пружина; 12 – узел регулировки схождения

*Многорычажная подвеска (МРП)* является дальнейшим развитием *подвески на двойных поперечных рычагах*. Если каждый из поперечных рычагов разделить на два отдельных рычага, то получится многорычажная подвеска.

В многорычажной подвеске для крепления ступицы колеса используется не менее четырех *рычагов*, что обеспечивает независимую *продольную* и *поперечную* регулировку колеса.

В современных МРП наряду с поперечными рычагами **6, 7, 8** используются продольные рычаги **4** (см. рис. 12.1).

#### *Конструкция МРП*

Подрамник **1** – несущий элемент подвески. К нему через резинометаллические втулки (сайлентблоки) крепятся поперечные рычаги **6, 7, 8**, которые соединены со ступицей **5** колеса и обеспечивают ее положение в поперечной плоскости.

#### *Поперечные рычаги (правого и левого колеса):*

- верхний рычаг **6** служит для передачи поперечных усилий и связывает корпус опоры колеса с подрамником;
- передний нижний рычаг **7** – определяет схождение колеса;
- задний нижний рычаг **8** – воспринимает вес кузова, который передается на рычаг через пружину **11**.

Продольный рычаг **4** – ведет колесо в продольном направлении. Ступица **5** является основанием для размещения подшипника и крепления колеса. Винтовая пружина **11** воспринимает нагрузки в подвеске. Опирается на задний нижний поперечный рычаг **8**. Амортизатор **10** соединен со ступичной опорой **9** колеса. Стабилизатор поперечной устойчивости **2** снимает крен автомобиля при прохождении поворотов и обеспечивает необходимое сцепление задних колес с дорогой.

### **12.3. Независимая подвеска передней оси легкового автомобиля**

*Конструкция подвески МакФерсон.* Поперечный рычаг **23** (рис. 12.2) нижним концом через шаровую опору **1** соединен с поворотным кулаком **19**, который обеспечивает поворот колеса за счет шарнирного соединения с рулевой тягой.

В верхней части поворотный кулак **19** закреплен через болты **18** и гайку **17** на амортизаторной (телескопической) стойке **16**, которая расположена внутри пружины **7**. Для изменения линейной характеристики упругости пружины соосно с ней установлен буфер сжатия **9**.

### **12.4. Пневматическая подвеска легкового автомобиля**

*Пневматическая подвеска* (пневмоподвеска), изображенная на рис. 12.3, регулирует уровень кузова автомобиля относительно дороги за счет применения пневматических упругих элементов, в которых изменяется давление и объем воздуха при вибрации и уклонах кузова автомобиля.

*Пневмоподвеска* не является отдельным видом подвески и, как правило, применяется в комбинации с автоматически регулируемые амортизаторами различных конструкций (в многорычажной подвеске, подвеске МакФерсон и др.). *Пневматический упругий элемент* (рис. 12.3) состоит из корпуса **1** с направляющей **7**, манжеты **3** (из прочного многослойного эластомера) и поршня **6**.

*Пневмоподвеска включает:*

- дополнительные пневмоаккумуляторы;
- клапана остаточного давления (для поддержания давления при утечке воздуха);
- модуль подачи воздуха (электродвигатель, компрессор, осушитель воздуха);
- блок электромагнитных клапанов системы управления подвеской;
- ресивер (резервуар для воздуха);
- ЭСУ (электронная система управления: БУ – блок управления; входные датчики; исполнительные устройства);
- клавиши для ручного регулирования уровня кузова.



Рис. 12.2. Схема подвески МакФерсон:

- 1 – шаровая опора; 2 – ступица; 3 – тормозной диск; 4 – защитный кожух;
- 5 – поворотный рычаг; 6 – нижняя опорная чашка; 7 – пружина подвески;
- 8 – защитный чехол телескопической стойки; 9 – буфер сжатия; 10 – верхняя опорная чашка;
- 11 – подшипник верхней опоры; 12 – верхняя опора стойки; 13 – гайка штока; 14 – ток;
- 15 – опора буфера сжатия; 16 – телескопическая стойка; 17 – гайка;
- 18 – эксцентриковый болт; 19 – поворотный кулак; 20 – вал привода переднего колеса;
- 21 – защитный чехол; 22 – наружный шарнир; 23 – нижний рычаг

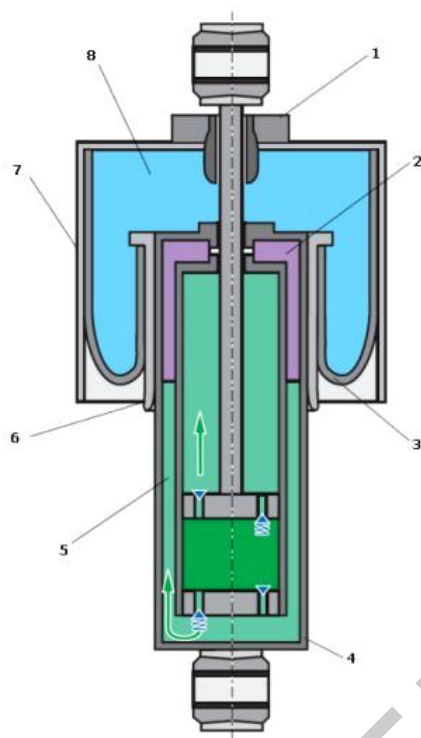


Рис. 12.3. **Схема** пневматического упругого элемента:  
 1 – корпус; 2 – газовая полость амортизатора; 3 – манжета; 4 – двухтрубный газонаполненный амортизатор; 5 – компенсационная полость амортизатора; 6 – поршень;  
 7 – направляющая корпуса; 8 – воздушная полость

## 12.5. Гидропневматическая подвеска автомобиля

Подвеска сложная и дорогая. Используется совместно с другими типами подвесок. Например, на *Citroen* данная подвеска совмещена с подвеской МакФерсон, а на задней оси – с многорычажной подвеской.

В нее включены следующие элементы (рис. 12.4):

- гидропневматические упругие элементы (два основных **6** и дополнительный **7**);
- гидравлические цилиндры **5**;
- амортизационные клапана (основные **8** и дополнительные **9**);
- регулятор жесткости **4**;
- регулятор положения кузова **2**;
- электромагнитный клапан **3**;
- предохранительный клапан-распределитель **1**.

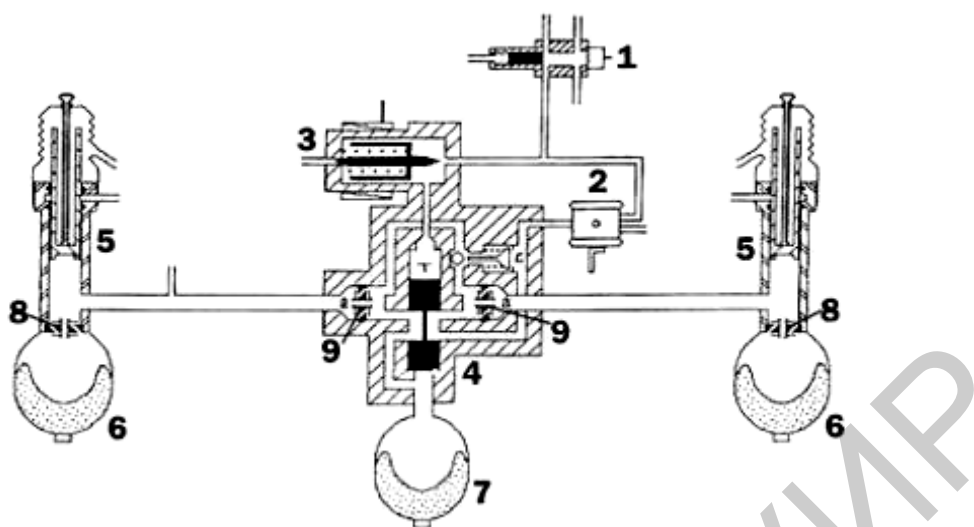


Рис. 12.4. Схема гидропневматической подвески

Конструкция и назначение элементов.

*Гидропневматический упругий элемент 6 и 7* – металлическая сфера, в которой над мембраной – сжатый газ (азот), под мембраной – жидкость. Жидкость передает давление в системе, а газ является упругим элементом.

*Гидравлические цилиндры 5* нагнетают жидкость в упругие элементы 6 и регулируют высоту положения кузова относительно дорожного покрытия. Шток поршня гидроцилиндра соединен с соответствующим рычагом подвески.

*Амортизационные клапана 8 и 9* гасят колебания в конструкции подвески. Открываются и закрываются ЭСУ (электронной системой управления).

*Регулятор жесткости 4* обеспечивает согласованную работу упругих элементов.

*Регулятор положения кузова 2* управляет высотой подъема кузова над полотном дороги.

*Электромеханический клапан 3* переключает режимы работы подвески.

В ЭСУ включены: входные и выходные датчики; исполнительные устройства.

## 12.6. Адаптивная подвеска легкового автомобиля

Это активная подвеска, в которой степень демпфирования амортизаторов изменяется в зависимости от состояния дорожного покрытия.

*Конструкция подвески:*

- регулируемые газонаполненные амортизаторы (однотрубные – на рис. 12.5 и двухтрубные – на рис. 12.6);
- система управления (входные датчики, блок управления и исполнительные устройства).



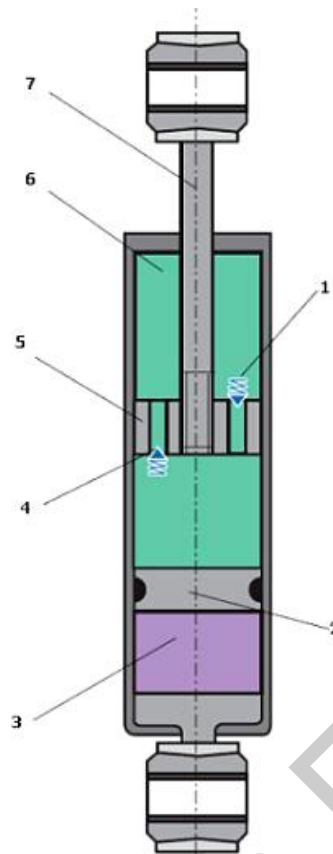


Рис. 12.5. **Схема** однотрубного газонаполненного амортизатора:  
1 – клапан сжатия; 2 – разделительный поршень; 3 – газовая полость; 4 – клапан отдачи;  
5 – поршень; 6 – полость с рабочей жидкостью; 7 – шток поршня

*Назначение подвески.* Степень демпфирования (или быстрого затухания колебаний) зависит от стартового сопротивления *регулируемых* амортизаторов и величины подрессорных масс. Регулирование осуществляется с помощью *электромагнитных регулировочных клапанов*. Проходное сечение клапана зависит от величины воздействующего тока от блока управления.

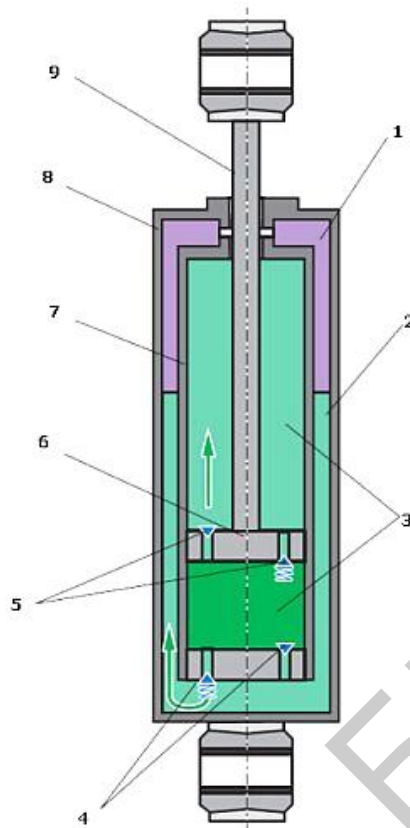


Рис. 12.6. Схема двухтрубного газонаполненного амортизатора:  
 1 – газовая полость; 2 – компенсационная полость; 3 – полости рабочего цилиндра;  
 4 – донные клапана; 5 – поршневые клапана; 6 – поршень; 7 – цилиндр; 8 – корпус;  
 9 – шток поршня

## 13. Рулевое управление легкового автомобиля

### 13.1. Углы установки управляемых колес автомобиля

Для улучшения устойчивости автомобиля при его движении и облегчения управляемости конструктивно предусматриваются следующие углы установки управляемых колес (рис. 13.1): угол развала  $\alpha$ , угол схождения Б-А, угол поперечного наклона  $\beta$ , угол продольного наклона  $\gamma$ .

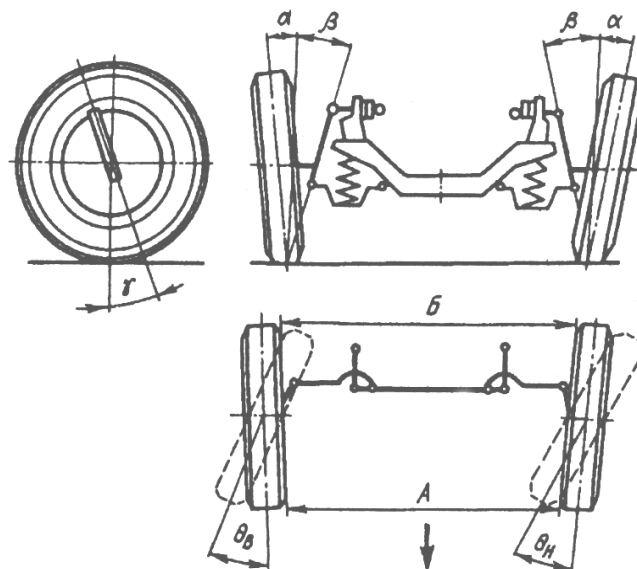


Рис. 13.1. Углы установки управляемых колес:

- $\gamma$  – угол продольного наклона оси;  $\alpha$  – угол развала;  $\beta$  – угол поперечного наклона оси;
- $\theta_{в}$  – внутренний угол поворота;  $\theta_{н}$  – наружный угол поворота;
- A – расстояние между внутренними поверхностями передней части шин;
- B – расстояние между внутренними поверхностями задней части шин

Угол развала  $\alpha$  – обеспечивает перпендикулярное расположение колес по отношению к поверхности при движении автомобиля (от  $-2$  до  $2^{\circ}$ – $4^{\circ}$ ), т. е.  $\alpha$  может быть *положительным*, когда верхняя часть колеса наклонена *наружу* относительно кузова автомобиля, и *отрицательным* (когда *внутрь*).

Последствия неправильной установки  $\alpha$ : повышенный износ протектора шины; ухудшение управляемости автомобилем (при повышенном развале автомобиль уводит вправо или влево; разница  $\alpha$  левого и правого колес:  $0^{\circ}$ – $30'$ ); повышенный расход топлива; ускоренный износ элементов подвески.

Угол схождения (B-A) колес – это разность расстояний между внутренними поверхностями задней и передней частей шин ( $\pm 2$  мм – для переднеприводных и  $\pm 5$  мм – для заднеприводных). Угол схождения обеспечивает параллельное качение колес, иначе колеса катятся по *расходящимся* дугам.

Последствия неправильной установки угла схождения:

- ускоренный износ протектора шин (если излишне положительный, то износ на наружной части протектора, если отрицательный, то износ на внутренней части протектора);

- повышенный расход топлива (из-за увеличения сопротивления движению).

Регулировка угла схождения осуществляется путем изменения длины рулевых тяг.

Угол поперечного наклона  $\beta$  – угол между осью подвески и вертикальной плоскостью (от  $+5$  до  $+20^{\circ}$ ). При эксплуатации не регулируется.

Угол  $\beta$  совместно с  $\alpha$  уменьшает расстояние *между* точкой пересечения геометрической подвески с дорогой и *точкой* центра контакта шины, что

уменьшает плечо момента, который необходимо приложить водителю при повороте колес автомобиля, а значит, облегчается управление автомобилем.

Угол продольного наклона  $\gamma$  оси служит для стабилизации управляемых колес моментом, возникающим за счет плеча боковой силы (расстояние от оси подвески до центра контакта шины). ( $\gamma+$ ) – когда ось поворота наклонена в сторону водителя и ( $\gamma-$ ) – когда от водителя.

Последствия неправильной установки угла  $\gamma$ :

– большие  $\gamma$  приводят к резкому возрастанию усилий водителя, прилагаемых к рулевому колесу;

– неустойчивое движение автомобиля: отклонение в сторону того колеса, у которого  $\gamma$  больше ( $\gamma = (+2\dots+3^\circ)$  – у переднеприводных автомобилей;  $\gamma = (+2\dots+14^\circ)$  – у заднеприводных).

### 13.2. Силы, действующие на автомобиль при повороте

При заходе автомобиля в поворот сходжение колес перерастает в расхождение благодаря трапецевидной конструкции тяг управления колесом, что облегчает (уменьшает) усилие на руль. Для уменьшения бокового увода и «рысканья» автомобиля давление воздуха в шинах передних колес должно быть несколько меньше, чем в задних.

Благодаря наличию рулевой трапеции передние колеса поворачиваются на неодинаковый угол и катятся без проскальзывания.

При повороте автомобиля (рис. 13.2) возникает центробежная сила, приложенная к центру (ЦТ) автомобиля. Эта сила направлена по радиусу от центра поворота: А – вдоль оси автомобиля; Б – в поперечном направлении, стремящая опрокинуть автомобиль или вызвать его занос.

Поперечную составляющую Б центробежной силы определяют по формуле

$$C = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot R},$$

где  $C$  – (сила) поперечная составляющая центробежной силы, кгс;

$G$  – масса автомобиля, кг;

$v$  – скорость движения, м/с;

$R$  – радиус поворота (до середины задней оси), м;

$g$  – ускорение свободно падающего тела, м/с<sup>2</sup>.

Чем больше масса  $G$  и скорость движения  $v$  и меньше радиус поворота  $R$ , тем больше будет  $C$  и меньше устойчивость автомобиля при повороте.

Например, если  $v$  увеличивается в два раза, то  $C$  возрастает в четыре раза.

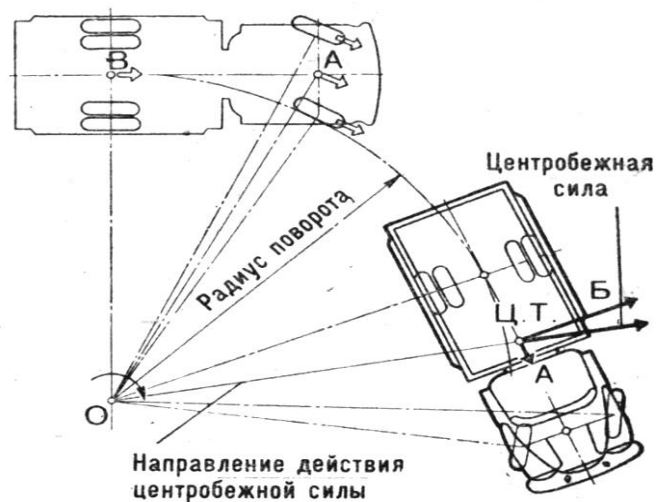


Рис. 13.2. Схема действующих сил на автомобиль при повороте

### 13.3. Устройство рулевого управления автомобиля

*Конструкция* рулевого управления (рис. 13.3) и назначение элементов.

Рулевое колесо **1** передает усилия водителя через рулевую колонку **2**, карданный вал **3**, датчик крутящего момента **4** и усилитель **5** на рулевой механизм **6**.

Рулевой механизм **6** – это различного типа редукторы. Наиболее распространены реечные рулевые механизмы, которые увеличивают приложенные к рулевому колесу усилия и передают его рулевому приводу, состоящему из рулевых тяг **7** и рулевых шаровых шарниров **8**.

В зависимости от типа *рулевого привода* усилитель **5** может быть гидравлический, электрический, пневматический.

Большинство современных автомобилей имеют гидравлический усилитель (гидроусилитель).

Разновидности гидроусилителя:

- электрогидравлический усилитель рулевого управления;
- электрический усилитель рулевого управления (электроусилитель руля);
- активные и динамические рулевые управления;
- адаптивный усилитель рулевого управления (усилие на колесе изменяется в зависимости от скорости автомобиля).



Рис. 13.3. Конструкция рулевого управления

#### ***13.4. Механизм рулевого управления с гидроусилителем***

На рис. 13.4 приведена схема работы механизма рулевого управления *при левом повороте*.

Водитель через рулевое колесо и вал поворачивает вал-золотник **1**, соединенный с винтом **3** через торсион **2**. Вращение вала-золотника **1** относительно гильзы винта **3** приводит:

а) к перекрытию каналов гидрораспределителя (оси насоса **9**), отвечающих за слив рабочей жидкости из полости **А**;

б) к открытию каналов, обеспечивающих подачу рабочей жидкости из полости **Б**.

Далее происходит отсоединение полости **Б** от напорной магистрали и рабочая жидкость под давлением поступает в полость **А**. Поршень-рейка **5** под воздействием давления рабочей жидкости перемещает трехзубый сектор на валу сошки **6** и через нее поворачивает колеса автомобиля. При снятии усилия с рулевого колеса скрученный винт **3** возвращает вал-золотник **1** в среднее положение. При этом в полостях **А** и **Б** устанавливается давление слива.

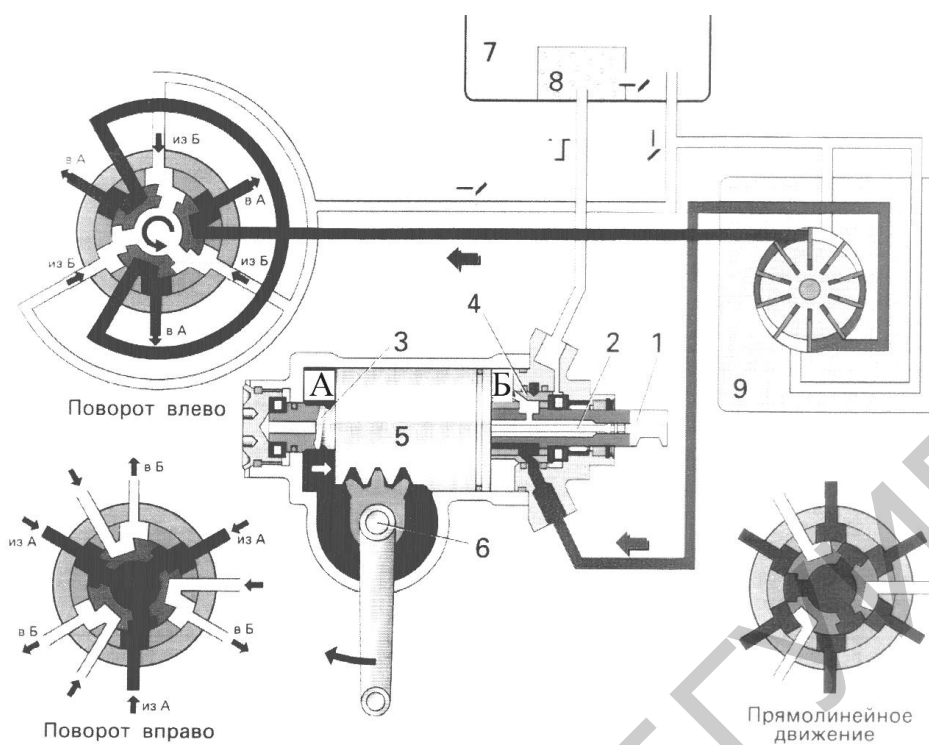


Рис. 13.4. Схема гидроусилителя рулевого управления

### 13.5. Гидравлический усилитель рулевого управления с ЭБУ

*Чем выше скорость автомобиля, тем меньше усилия прилагает водитель к рулевому колесу, чтобы изменить направление движения, что может привести к потере управляемости.*

Чтобы недопустить этого, следует повышать крутящий момент при высоких скоростях, и сводить его до минимума при малых скоростях движения и при парковке. Для выполнения этого требования современные автомобили оснащаются гидроусилителями с электронным управлением и регулированием тона *Servotronic*.

Эта схема регулирует усилия на рулевом колесе в зависимости от скорости автомобиля (рис. 13.5). Усилитель руля создан на базе обычного гидроусилителя. Измененная конструкция электромагнитного клапана управления **12** с поворотным золотником **1, 7** позволяет реализовать принцип непосредственной гидравлической обратной связи, что позволяет обеспечить зависимость степени усиления от скорости автомобиля.

Давление рабочей жидкости ( $130 \text{ кгс/см}^2$ ) создается гидронасосом **8**. Жидкость поступает к поворотному золотнику **7** клапана управления. Торсион **5** связан с рулевым валом через штифт **6**, и подаваемая насосом **8** рабочая жидкость поступает в корпус клапана управления **12** (управляемого ЭБУ **3**) и далее к поворотному золотнику **7**.

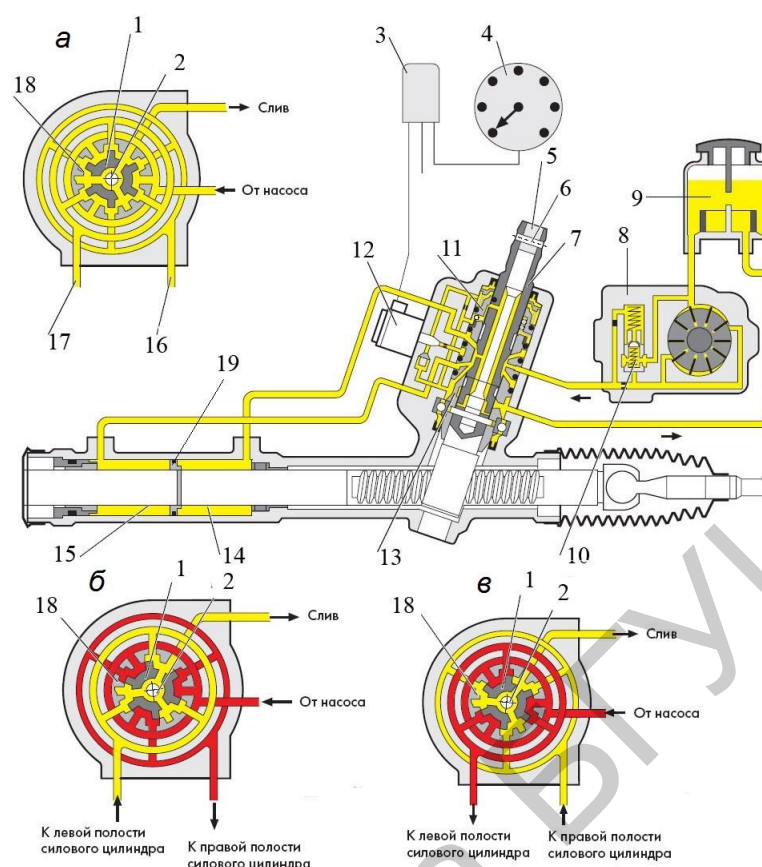


Рис. 13.5. Схема рулевого управления, оборудованного гидроусилителем с электронным управлением

При нейтральном положении клапана 12 (рис. 13.5, а) рабочая жидкость от насоса через слив отводится в бачок. При повороте рулевого колеса влево (рис. 13.5, б) создаваемый водителем крутящий момент скручивает торсион 2 в такое положение, при котором тормозная жидкость поступает от насоса в правую полость 14 силового цилиндра, и поршень 19, передвигаясь влево, облегчает поворот рулевого колеса. При повороте рулевого колеса вправо (рис. 13.5, в) рабочая жидкость от насоса поступает в левую полость 15 силового цилиндра и поршень 19, передвигаясь вправо, облегчает поворот рулевого колеса.

### 13.6. Принцип работы гидроусилителя при наезде автомобиля на препятствие

При наезде на препятствие (рис. 13.6) на колесо автомобиля действует сила  $F_A$ , которая стремится повернуть его вокруг точки  $D$  (по часовой стрелке). При этом под действием силы  $F_Z$  открывается проход рабочей жидкости под давлением в ту полость силового цилиндра, которая создает противодействующую реактивную силу  $F_R$  и устанавливает силу  $F_Z$ , противодействуя таким образом повороту колеса автомобиля.



На рис. 13.6 показано, что проход рабочей жидкости под давлением осуществляется в правую полость силового цилиндра, а левая полость сообщается со сливом.

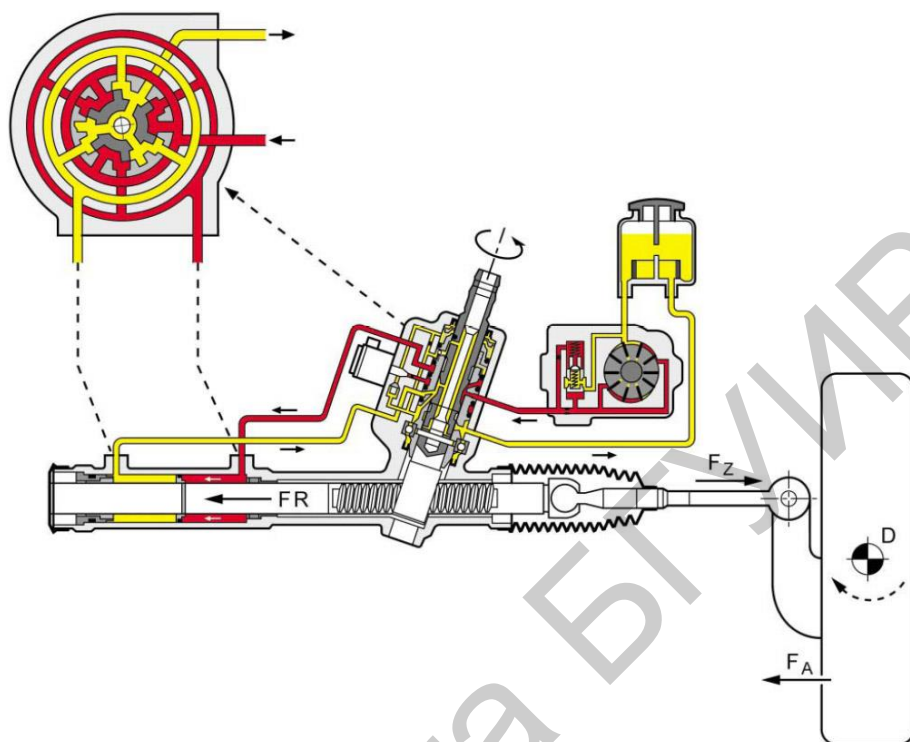


Рис. 13.6. Схема работы гидроусилителя при наезде на препятствие

## 14. Системы снижения токсичности отработавших газов

### 14.1. Загрязнение автотранспортом окружающей среды

Автомобильный транспорт является (по сравнению с другими видами транспорта) чуть ли не самым мощным источником *химического, шумового и механического* загрязнения окружающей среды. Доля вносимых в атмосферу загрязнений автомобилем: 1970-е годы – 13 %; 2010-е годы – 50–70 %.

Наибольшая доля химического загрязнения окружающей среды автомобилями приходится на *отработанные газы двигателей внутреннего сгорания*.

Теоретически предполагается, что при полном сгорании топлива (*углерода и водорода*) при взаимодействии с *кислородом воздуха* образуется *углекислый газ и водяной пар*. Практически же состав отработанных газов включает более 200 компонентов, значительная часть которых токсична.

В табл. 14.1 приведен неполный ориентировочный состав отработанных газов автомобиля двигателей.

Таблица 14.1 – Ориентировочный состав отработавших газов автомобильных двигателей

Компоненты	Единицы измерения	Пределы концентраций компонентов	
		Бензиновые	Дизельные
Азот, N	% объема	74...77	76...78
Кислород, O <sub>2</sub>		0,2...8,0	2...18
Пары воды, H <sub>2</sub> O		3,0...13,5	0,5...10,0
Двуокись углерода, CO <sub>2</sub>		5,0...12,0	1...12,0
Углеводороды, CH (суммарно)		0,2...3,0	0,01...0,50
Оксид углерода, CO		0,1...10,0	0,01...0,30
Оксид азота, NO <sub>x</sub>		0,0...0,6	0,005...0,200
Альдегиды		0,0...0,2	0,0...0,06
Оксиды серы (суммарно)	мг/м <sup>3</sup>	0,0...0,003	0,0...0,015
Сажа		0,0...100	0,0...20000
Бенз(а)пирен		0,0...25	0,0...10,0
Соединения свинца		0,0...60	–

Из табл. 14.1 видно, что бензиновые и дизельные двигатели существенно различаются по концентрации в составе отработавших газов *продуктов неполного сгорания*: оксида углерода (CO), углеводорода (CH), оксидов азота (NO<sub>x</sub>) и сажи.

К токсичным компонентам отработавших газов относятся: оксид углерода (CO), углеводорода (CH), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), оксиды серы, альдегиды, бенз(а)пирен, соединения свинца.

Различие в составе отработавших газов бензиновых и дизельных двигателей объясняется:

- избытком поступающего в цилиндр воздуха по сравнению с теоретически необходимым (у дизельных двигателей);
- лучшим распылением топлива (у бензиновых двигателей).

Концентрацию токсичных компонентов в отработавших газах оценивают в: объемных процентах; миллионных долях по объему; миллиграммах на литр (мг/л); миллиграммах на кубометр (мг на м<sup>3</sup>).

Кроме отработавших газов источником загрязнения окружающей среды автомобилем с карбюраторным двигателем являются:

- картерные газы (при отсутствии замкнутой вентиляции картера двигателя);
- испарение топлива из топливной системы;
- летучие углеводороды (в среднем 1,4 г CH на 1 л заливаемого автомобильного топлива при заправке).

Испарения вызывают физические изменения и в самих бензинах:

- повышается плотность;
- снижается октановое число бензина;
- ухудшаются пусковые качества.

У дизельных двигателей топливные испарения практически отсутствуют из-за:

- малой испаряемости дизельного топлива;
- хорошей герметичности топливной системы дизельного двигателя.

Для снижения токсичности отработавших газов применяются:

- очистка отработавших газов после их выпуска из цилиндров (нейтрализация);
- рециркуляция отработавших газов;
- подача вторичного воздуха в цилиндры;
- вентиляция топливных баков.

## **14.2. Нейтрализация отработавших газов в автомобилях**

Каталитическая нейтрализация основана на беспламенном поверхностном окислении токсичных веществ катализатором, ускоряющим химическую реакцию. *Процесс окисления происходит во время прохождения отработавших газов через слой носителя катализатора.* Применение каталитических нейтрализаторов *позволяет дожигать продукты неполного сгорания СН (углерода) и СО (оксида углерода) и разлагать оксиды азота (NO<sub>x</sub>).* При этом скорость реакции сгорания зависит от температуры носителя.

В качестве активных компонентов каталитических нейтрализаторов для СН и СО применяют:

- благородные металлы (до 1–2 г палладия, платины);
- оксиды переходных металлов (меди, кобальта, никеля, ванадия, хромата железа, марганца);
- медь с добавкой ванадиевого ангидрида и окиси хрома;
- оксиды железа или алюминия;
- металлические сплавы (нержавеющая сталь, бронза, латунь, легированные стали с хромоникелем).

В общую схему системы очистки отработавших газов бензинового двигателя (рис. 14.1) входят:

- трехкомпонентный каталитический нейтрализатор **1**;
- входной **2** и выходной **9** датчики кислорода;
- блок управления двигателем **3**;
- кабель **4** и блок управления датчиком оксида азота **5**;
- датчик оксидов азота **6**;
- накопительный нейтрализатор NO<sub>x</sub> **7**;
- датчик температуры **8**;
- двигатель **10**.

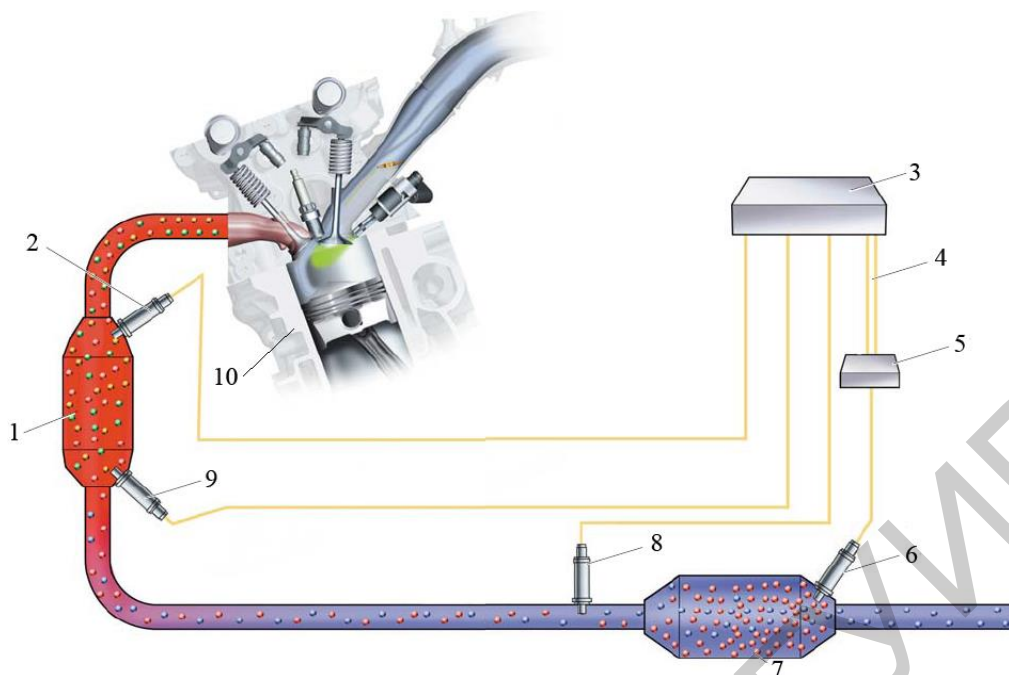


Рис. 14.1. Общая схема системы очистки отработавших газов бензинового двигателя

Каталитический трехкомпонентный нейтрализатор (рис. 14.2) – это металлический корпус **6** из жаропрочной нержавеющей стали толщиной 1,5 мм, внутри которого находится керамический носитель **5**.

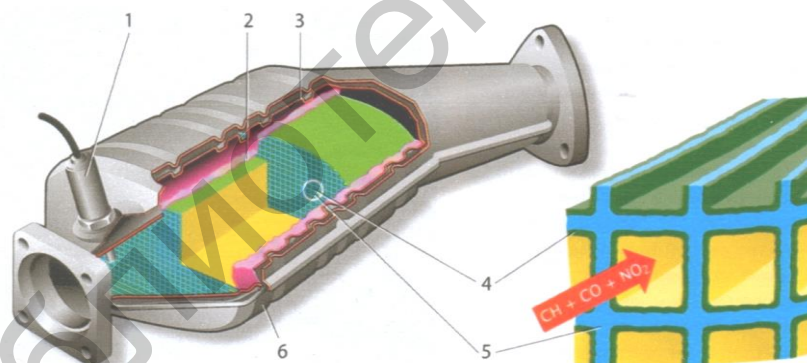


Рис. 14.2. Каталитический трехкомпонентный нейтрализатор отработавших газов

Носители **5** – гранулированные и блочные (монолитные) – создают (с помощью многочисленных мелких сот) максимальную поверхность контакта с отработавшими газами. Площадь каталитической поверхности увеличивают путем нанесения на нее гамма-оксида алюминия с пористой структурой (в виде сферических гранул, которые укладываются в металлический цилиндр, закрытый по торцам сетками **2**).

Гранулы из оксида алюминия покрываются непосредственно каталитическими материалами: тремя прослойками из платины, родия и палладия.

Задача этих редких металлов:

– ускорять окисление углеводородов и окиси углерода до углекислого газа;

– токсичные оксиды азота восстанавливать до азота.

*Нейтрализатор начинает действовать после разогрева до 300 °С.*

Оптимальный рабочий диапазон температур от 400 до 800 °С.

Для ускорения разогрева нейтрализатора до рабочей температуры на смену нейтрализаторам под днищем кузова пришли нейтрализаторы, совмещенные с приемной трубой.

Наилучшую очистку отработавших газов дают *двухсекционные* каталитические нейтрализаторы, позволяющие:

- после прохождения первой секции уменьшать содержание *оксида азота*;
- после ввода во вторую секцию дополнительного воздуха уменьшать содержание в отработавших газах *оксида углерода и углеводорода*.

При работе двигателя на бедных(обедненных) смесях *кислород у оксида углерода* не отнимается, поэтому после прохождения отработавших газов через трехкомпонентный нейтрализатор в современных автомобилях они направляются в *нейтрализатор накопительного типа*. В накопительном нейтрализаторе (помимо трех прослоек: из платины, родия и палладия) предусмотрена четвертая прослойка из оксида бария ( $\text{BaO}$ ), которая связывает (нейтрализует) *оксид азота*, снижая тем самым токсичность отработавших газов.

### 14.3. Сажевые фильтры отработавших газов в автомобилях

Помимо конструкций, обеспечивающих снижение выбросов  $\text{CO}$  (оксидов углерода),  $\text{CH}$  (углеводородов) и  $\text{NO}_x$  (оксида азота), в настоящее время особое внимание уделяется способам очистки отработавших газов от *сажевых (сажи)* частиц с помощью *специальных фильтров 11* (рис. 14.3):

- фильтров с «металлической шерстью»;
- фильтров с керамическими фильтрующими элементами;
- спиральных фильтров с керамическим наполнителем и др.

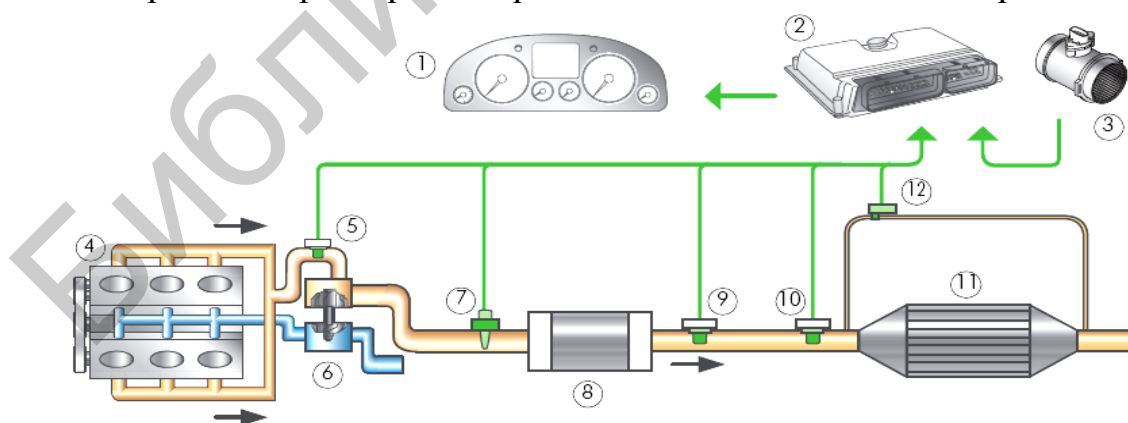


Рис. 14.3. Системы выпуска отработавших газов дизельного двигателя с сажевым фильтром:

- 1 – комбинация приборов; 2 – блок управления системы непосредственного впрыска дизельного двигателя; 3 – расходомер воздуха; 4 – дизельный двигатель; 5, 9, 10 – датчики температуры отработавших газов; 6 – турбокомпрессор; 7 – датчик кислорода; 8 – катализатор окисления; 11 – сажевый фильтр; 12 – датчик давления

На рис. 14.4 изображен сажевый фильтр с керамическими фильтрующими элементами (керамическими пробками 2 и разделительными пористыми стенками (перегородками 3)). Стенки фильтра 3 из карбида кремния имеют поры и покрыты слоем из оксида алюминия и окиси церия. На этот слой напылен драгоценный металл – платина, который служит катализатором сажевого фильтра. Сажевые частицы в фильтре осаждаются в порах стенок (перегородок 3) от 70 до 90 % (твердых частиц).

Для длительной эксплуатации сажевый фильтр периодически очищают с помощью: пассивной регенерации (очистки) или активной.

Пассивная очистка осуществляется при высоких температурах рабочего процесса двигателя (порядка 350–500 °С). Для пассивной очистки в топливо добавляются специальные присадки, уменьшающие температуру воспламенения сажевых частиц отработавших газов.

При небольших нагрузках на двигатель температура отработавших газов слишком низка для пассивной очистки (регенерации). В этом случае применяется активная очистка: с помощью нагревательного элемента повышают температуру отработавших газов до 600–700 °С. В этом температурном диапазоне скопившаяся сажа окисляется в фильтре до углекислого газа примерно за 10...15 мин.

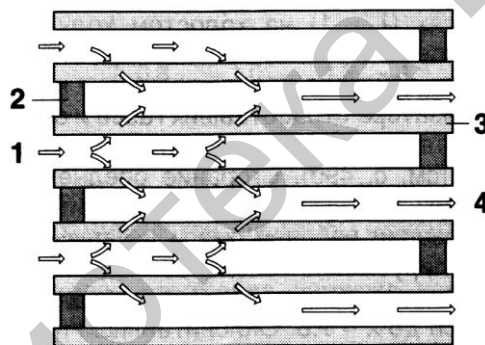


Рис. 14.4. Принцип действия керамического сажевого фильтра:

- 1 – вход отработавших газов; 2 – керамическая пробка; 3 – разделительная перегородка;  
4 – выход очищенных отработавших газов

При очистке выхлопных газов от сажи с помощью системы управления двигателя:

- в систему выпуска отработавших газов подается воздух;
- рециркуляция отработавших газов отключается (чтобы увеличить температуру сгорания и долю кислорода в камере сгорания);
- производятся дополнительные впрыски топлива (с запаздыванием) для увеличения температуры сгорания сажи.

При этом топливо, подаваемое в цилиндры двигателя, не сгорает, а испаряется в камере сгорания. Вырабатываемая при этом теплота обеспечивает повышение температуры отработавших газов перед сажевым фильтром до температуры сгорания сажевых частиц.

Для расчета дополнительного впрыскиваемого количества топлива блок управления двигателя использует сигналы датчиков температуры отработавших газов.

#### ***14.4. Рециркуляция отработавших газов дизельного двигателя***

*Рециркуляция* отработавших газов (ОГ) заключается в перепуске их части во впускную систему двигателя и последующем возврате в камеру сгорания.

Так как ОГ содержат после процесса сгорания очень мало кислорода, температура и давление при сгорании топлива снижаются, *в результате чего уменьшается выброс оксидов азота (NO<sub>x</sub>).*

Существует *внутренняя и внешняя* рециркуляция отработавших газов.

Внутренняя рециркуляция осуществляется с *помощью системы изменения фаз газораспределения*. Суть ее заключается в том, что создаются условия для поступления отработавших газов из выпускных клапанов во внутренние в период одновременного открытия впускного и выпускного клапанов (т. е. *во время* так называемого *перекрытия фаз газораспределения*). При этом количество рециркулируемых газов зависит от продолжительности перекрытия фаз. Для этого впускные каналы блоком управления открываются задолго до ВМТ, а выпускные – закрываются непосредственно перед ВМТ.

*Преимущества внутренней рециркуляции* отработавших газов:

- ускоренная реакция системы;
- повышенная равномерность распределения рециркулируемых газов по цилиндрам.

Внешняя рециркуляция отработавших газов (рис. 14.5) основана на перепуске части отработавших газов во впускной трубопровод **8**, где отработавшие газы, смешиваясь с воздухом или топливовоздушной смесью с помощью клапана **3** рециркуляции отработавших газов, повторно участвуют в горении. В магистрали отработавших газов **5** перед сажевым фильтром **10** расположен лямбда-зонд **7**, сигнал которого корректирует количество рециркулирующих отработавших газов, посылая через блок управления **4** сигнал управления на клапан рециркуляции **3**.

Радиатор **10** охлаждает рециркулируемые газы, в результате снижается температура сгорания газов и обеспечивается возможность рециркуляции большего количества газов. Переключающий клапан радиатора рециркуляции **11**, в зависимости от температуры охлаждающей жидкости (обычно ниже 50 °С), направляет отработавшие газы к *радиатору или в обход его*.

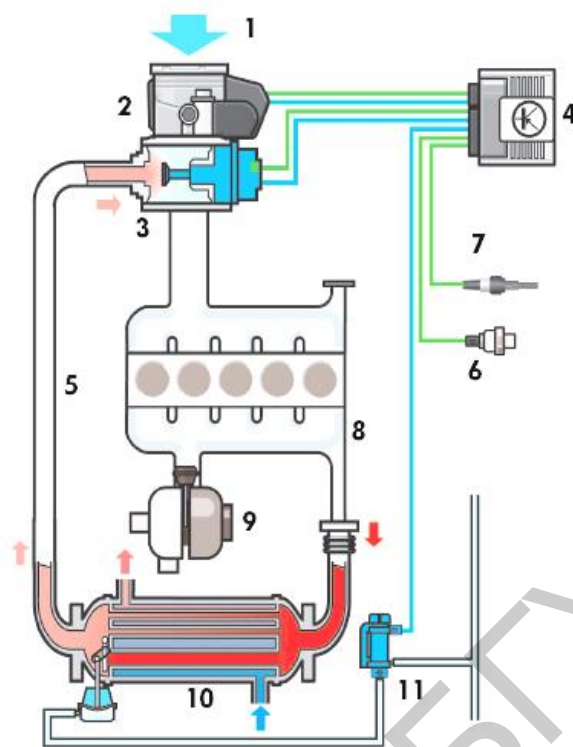


Рис. 14.5. Схема рециркуляции отработавших газов дизельного двигателя:  
 1 – всасываемый воздух; 2 – заслонка впускного коллектора с датчиком положения заслонки и двигателем; 3 – клапан рециркуляции ОГ; 4 – блок управления двигателем;  
 5 – подводящая магистраль ОГ; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости;  
 7 – лямбда-зонд; 8 – выпускной коллектор; 9 – турбонагнетатель;  
 10 – радиатор охлаждения ОГ; 11 – переключающий клапан радиатора рециркуляции

#### ***14.5. Система подачи дополнительного воздуха в выпускной трубопровод двигателя автомобиля***

Токсичные продукты неполного сгорания топлива в цилиндрах *холодного двигателя* автомобиля после пуска *нейтрализуются* в выпускном трубопроводе **12** путем *дожигания* с помощью подачи дополнительного воздуха **9** (рис. 14.6). При этом блок управления **1** включает насос дополнительного воздуха **7** (через реле **5**) и открывает электромагнитный клапан **6** управления подачи дополнительного воздуха. Клапан **6** открывает комбинированный клапан **8**, через который кратковременно подается воздух в поток отработавших газов **12** за выпускными клапанами двигателя. Система подачи дополнительного воздуха отключается при прогреве двигателя.



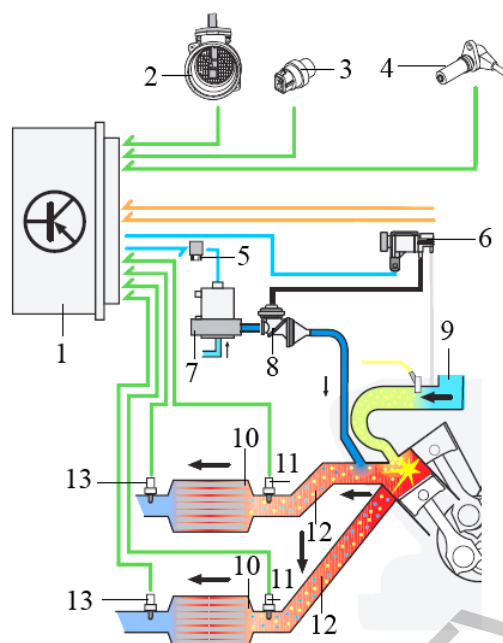


Рис. 14.6. Схема системы подачи дополнительного воздуха:

- 1 – блок управления двигателем; 2 – измеритель массового расхода воздуха с датчиком температуры воздуха на впуске в двигатель; 3 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 4 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 5 – реле насоса дополнительного воздуха; 6 – клапан управления подачей дополнительного воздуха; 7 – насос дополнительного воздуха; 8 – комбинированный клапан; 9 – подача дополнительного воздуха; 10 – нейтрализатор; 11 – датчик кислорода, устанавливаемый перед нейтрализатором; 12 – выпуск отработавших газов; 13 – датчик кислорода, устанавливаемый после нейтрализатора

#### 14.6. Система вентиляции топливного бака автомобиля

Для снижения топливных испарений (а значит, и потерь топлива) из бензобака автомобиля применяют:

- термоизоляцию баков;
- уменьшение отношения площади поверхности испарения топлива к объему бака;
- установку в баке перегородок (для уменьшения возможности перемешивания топлива).

Топливные испарения из бака **2** (рис. 14.7) поступают в *адсорбер 3*, где *накапливаются в адсорбенте* (это активированный уголь, полученный из каменного угля и полукокса), а затем через электромагнитный клапан **4** отводятся во впускной трубопровод **6** и затем совместно с топливом из форсунки впрыска **5** сжигаются в цилиндрах автомобиля.

Это изменение смеси (топлива и воздуха) регистрируется датчиками кислорода **10**, по сигналам которых система регулирования производит необходимую коррекцию смеси (т. е. добавление кислорода).

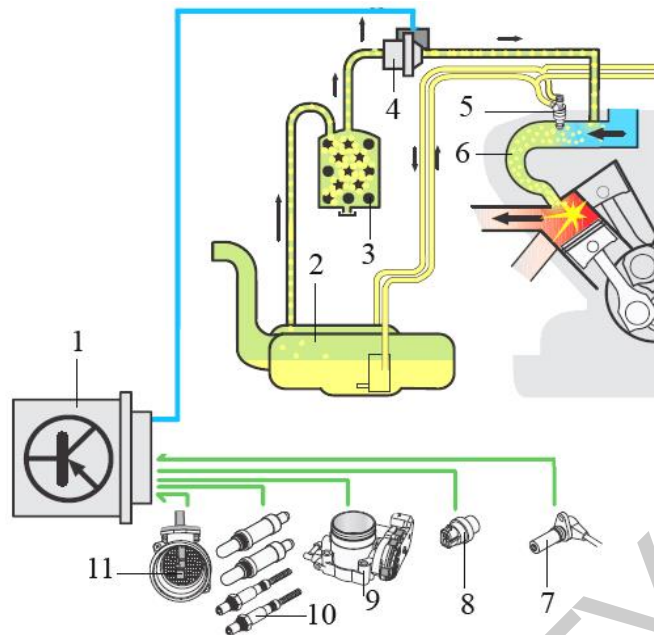


Рис. 14.7. Схема системы улавливания топливных испарений:

- 1 – блок управления двигателем; 2 – топливный бак; 3 – адсорбер с активированным углем;  
 4 – электромагнитный клапан продувки адсорбера; 5 – форсунка впрыска;  
 6 – впускной трубопровод; 7 – датчик частоты вращения коленчатого вала;  
 8 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 9 – блок управления дроссельной заслонкой;  
 10 – датчики кислорода; 11 – измеритель массового расхода воздуха с датчиком температуры воздуха на впуске в двигатель

### ***14.7. Рекуперация энергии отработавших газов в автомобиле***

Отработавшие газы автомобиля содержат немало энергии.

*Варианты использования этой энергии*

Фирма *BMW* разработала вариант двигателя, в котором газы нагревают воду, превращая ее в пар, который затем с помощью паровой машины подкручивает коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания.

Другой вариант: энергия тепла отработавших газов используется для получения электрической энергии. Рядом с выхлопной трубой **1** (рис. 14.8) размещается термоэлектрогенератор **2**. Он работает при больших скоростях, когда отработавшие газы имеют высокую температуру. При габаритах 300×100 мм он выдает около 600 Вт электрической мощности, разгружая штатный электрогенератор, запитывая многочисленные потребители на борту автомобиля.

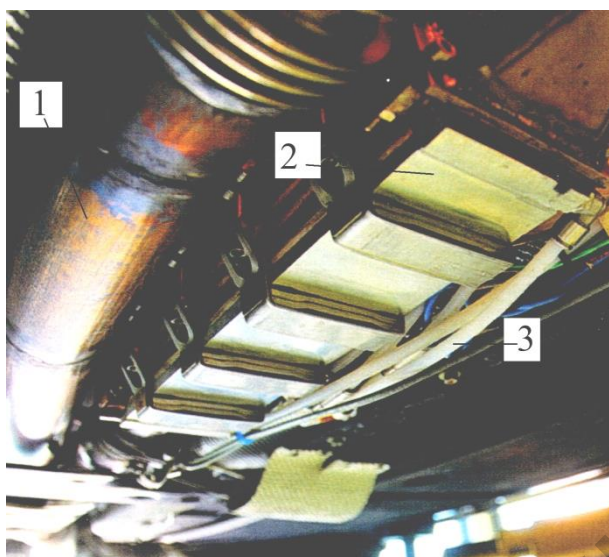


Рис. 14.8. Система рекуперации отработавших газов:  
1 – выхлопная труба; 2 – термоэлектрогенератор; 3 – подвод охлаждающей жидкости

Библиотека БГУИР

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Соответствие функциональных элементов двигателя их конструктивным реализациям

Таблица П.1.1

Функциональные элементы	Варианты конструктивной реализации
<i>ГФЭ (главные функциональные элементы)</i>	
Первичный преобразователь (ПП)	Камера сгорания
Система воспламенения топлива (СВТ)	Система батарейного зажигания. Система зажигания с магнето
Рабочее тело (РТ)	Газообразные продукты сгорания
Конечный преобразователь (КП)	КШМ Роторно-поршневой механизм
Система подачи воздуха (СПВ)	Воздушный фильтр, впускной коллектор, впускной клапан
Система подачи топлива (СПТ)	Топливный бак, бензонасос, фильтры, топливопроводы
Смеситель (СМ)	Карбюратор, форсунка
Распределитель газовых потоков (РГП)	Клапанный газораспределительный механизм (ГРМ). Золотниковый ГРМ
Система выпуска отработавших газов (СВОГ)	Выпускной клапан, выпускной коллектор, глушитель
Система управления (СУПР)	Привод дроссельной заслонки, ограничитель частоты вращения коленчатого вала, регулятор угла опережения зажигания, термостат, управление клапанами ГРМ. Блоки микропроцессорного управления
<i>ВФЭ (вспомогательные функциональные элементы)</i>	
Система уменьшения сил трения (СУСТР)	Моторное масло, маслонасос, фильтр, маслопроводы, материалы в парах трения. Керамический двигатель
Система поддержания теплового состояния (СПТС)	Охлаждающая жидкость, насос, рубашка охлаждения, радиатор, термостат, подогреватель
Система пуска (СПУСК)	Электростартер. Пусковой двигатель
Устройство улучшения экологических показателей (УУЭП)	Каталитический и термический нейтрализаторы, сажевый фильтр, плазменный реактор. Антишумовая капсула
Информационно-диагностическая система (ИДС)	Система встроенных датчиков для контроля параметров двигателя, щиток приборов оперативной и диагностической информации

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

**Порядок работы четырехтактного однорядного  
четырёхцилиндрового двигателя автомобиля**

Таблица П.2.1

Полуобороты коленчатого вала	Углы поворота коленчатого вала	Цилиндры			
		1	2	3	4
Первый	0	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие	Выпуск	Впуск
Второй	180°	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>	Впуск	Сжатие
Третий	360°	Впуск	Выпуск	Сжатие	<b>Рабочий ход</b>
Четвертый	540°	Сжатие	Впуск	<b>Рабочий ход</b>	Выпуск
	720°				

*Примечание.* Порядок работы 1-2-4-3.

Таблица П.2.2

Полуобороты коленчатого вала	Углы поворота коленчатого вала	Цилиндры			
		1	2	3	4
Первый	0	<b>Рабочий ход</b>	Выпуск	Сжатие	Впуск
Второй	180°	Выпуск	Впуск	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие
Третий	360°	Впуск	Сжатие	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>
Четвертый	540°	Сжатие	<b>Рабочий ход</b>	Впуск	Выпуск
	720°				

*Примечание.* Порядок работы 1-3-4-2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Порядок работы двухрядного V-образного  
восьмицилиндрового двигателя автомобиля

Таблица П.3.1

Полу-обороты КВ	Углы поворота КВ	Цилиндры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Первый	0	<b>Рабочий ход</b>	Впуск	Выпуск	Сжатие	Сжатие	Впуск	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>
	90°		Сжатие	Впуск		<b>Рабочий ход</b>			
Второй	180°	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие	Впуск	Выпуск	Впуск
	270°								
Третий	360°	Впуск	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие	Впуск	Впуск
	450°								
Четвертый	540°	Сжатие	Впуск	Выпуск	Впуск	Сжатие	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>	Сжатие
	630°								
	720°		Впуск	Выпуск	Впуск	Сжатие	Выпуск	<b>Рабочий ход</b>	<b>Рабочий ход</b>

Примечание. Порядок работы 1-5-4-2-6-3-7-8.

## Литература

1. Савич, Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. Л. Савич, А. С. Сай. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015.
2. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля / В. А. Стуканов. – М. : Академия, 2013.
3. Молибошко, Л. А. Компьютерные модели автомобилей / Л. А. Молибошко. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2012.
4. Савич, Е. Л. Легковые автомобили / Е. Л. Савич. – М. : Новое знание, 2009.
5. Иванов, А. М. Основы конструкции автомобиля / А. М. Иванов. – М. : За рулем, 2006.
6. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей / В. П. Тарасик, М. П. Бренч. – Минск : Новое знание, 2004.
7. Попков, А. Н. Устройство, обслуживание и ремонт автоматических трансмиссий : учеб. пособие / А. Н. Попков. – М. : Роко, 2003.

Библиотека БГУИР

## Содержание

Предисловие.....	3
Список сокращений и условных обозначений.....	4
1. Элементы и системы автомобиля.....	6
1.1. Функциональная схема (модель) теплового двигателя автомобиля.....	6
1.2. Функциональная схема двигателя внутреннего и внешнего сгорания.....	7
1.3. Функциональные элементы (главные и вспомогательные) двигателя автомобиля.....	8
1.4. Классификация поршневых двигателей внутреннего сгорания .....	8
2. Принцип работы двигателя автомобиля.....	10
2.1. Принцип работы поршневого бензинового четырехтактного двигателя внутреннего сгорания автомобиля (процессы впуска и сжатия топливной смеси).....	10
3. Порядок работы цилиндров двигателя автомобиля.....	15
3.1. Порядок работы (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) однорядного четырехцилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля.....	15
3.2. Порядок работы (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) однорядного шестицилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля .....	16
3.3. Схема и порядок работы V-образного двухрядного восьмицилиндрового четырехтактного двигателя.....	17
3.4. Порядок работы (или чередование рабочих ходов по цилиндрам) V-образного двухрядного шестицилиндрового четырехтактного двигателя автомобиля.....	17
4. Основные конструкции двигателя автомобиля.....	18
4.1. Цилиндропоршневая группа и кривошипно-шатунный механизм двигателя автомобиля.....	18
4.2. Уравновешивание двигателя автомобиля.....	21
4.3. Газораспределительный механизм автомобиля.....	24
4.4. Гидравлические толкатели газораспределительного механизма двигателя автомобиля.....	27
4.5. Системы изменения фаз газораспределения.....	30



5. Система охлаждения двигателя автомобиля.....	35
5.1. Система охлаждения двигателя автомобиля с жидкостным насосом, имеющим механический привод.....	35
5.2. Система охлаждения двигателя автомобиля с электронным управлением.....	37
5.3. Гидравлическая муфта привода вентилятора двигателя автомобиля.....	39
6. Система смазки двигателя автомобиля.....	41
6.1. Назначение и принцип работы системы смазки двигателя автомобиля...	41
6.2. Масляные насосы в системе смазки двигателя автомобиля.....	43
7. Система вентилирования картера двигателя автомобиля.....	46
7.1. Методы вентилирования картера двигателя автомобиля.....	46
7.2. Принцип работы фильтрующего блока картерных газов на основе масляного сепаратора с синтетическим маслоотделителем.....	47
7.3. Принцип работы системы вентиляции картера двигателя автомобиля с циклонным маслоотделителем.....	48
8. Система пуска двигателя автомобиля.....	50
8.1. Структурная схема системы пуска двигателя автомобиля.....	50
8.2. Конструкции электростартеров системы пуска двигателя автомобиля....	51
9. Трансмиссия автомобиля.....	54
9.1. Виды трансмиссии автомобиля, ее функции и состав.....	54
9.2. Механическая муфта сцепления автомобиля.....	55
9.3. Система автоматического управления сцеплением автомобиля.....	56
9.4. Порошковое сцепление в автомобиле.....	60
9.5. Схема сцепления на основе магнито реологической жидкости.....	61
9.6. Механическая трехвальная шестиступенчатая механическая коробка переключения передач автомобиля.....	61
9.7. Синхронизированная муфта переключения передач автомобиля.....	63
9.8. Механическая четырехвальная шестиступенчатая коробка переключения передач автомобиля.....	64
9.9. Гидромеханическая коробка переключения передач автомобиля.....	65
9.10. Автоматическая коробка переключения передач с электронным управлением.....	69

9.11. Электрогидравлическая система управления автоматической коробкой передач .....	75
9.12. Программа переключения автоматической коробкой передач.....	76
9.13. Главная передача и дифференциал .....	84
10. Тормозные системы автомобиля.....	85
10.1. Виды тормозных систем автомобиля .....	85
10.2. Принцип работы тормозной системы автомобиля .....	85
10.3. Вакуумный усилитель тормозов .....	88
10.4. Стояночный тормоз «винт – гайка» ручного управления .....	89
10.5. Стояночный тормоз барабанного типа педального управления с тросовым приводом .....	90
10.6. Стояночный тормоз барабанного типа с сегментным педальным управлением .....	91
10.7. Стояночный тормоз с электроприводом .....	92
10.8. Электромеханическая тормозная система автомобиля .....	95
10.9. Электронная система стабилизации управления автомобилем и ее функции.....	97
10.10. Антиблокировочные тормозные системы автомобиля.....	98
10.11. Схемы установки антиблокировочной тормозной системы на автомобиле.....	100
10.12. Схема антиблокировочной системы двухфазового тормозного цикла автомобиля.....	101
10.13. Схема антиблокировочной системы трехфазового тормозного цикла.....	104
10.14. Антиблокировочная тормозная система автомобиля фирмы Bosch ....	107
11. Топливная система автомобиля.....	109
11.1. Назначение и конструктивное исполнение топливной системы автомобиля.....	109
11.2. Система впрыска топлива во впускной трубопровод двигателя автомобиля.....	110
11.3. Система непосредственного впрыска топлива в цилиндры двигателя автомобиля.....	112
12. Подвеска легкового автомобиля.....	114
12.1. Элементы и типы подвесок легкового автомобиля.....	114

12.2. Многорычажная подвеска задней оси легкового автомобиля .....	115
12.3. Независимая подвеска передней оси легкового автомобиля.....	117
12.4. Пневматическая подвеска легкового автомобиля.....	117
12.5. Гидропневматическая подвеска автомобиля.....	119
12.6. Адаптивная подвеска легкового автомобиля .....	120
13. Рулевое управление легкового автомобиля .....	122
13.1. Углы установки управляемых колес автомобиля .....	122
13.2. Силы, действующие на автомобиль при повороте .....	124
13.3. Устройство рулевого управления автомобиля .....	125
13.4. Механизм рулевого управления с гидроусилителем.....	126
13.5. Гидравлический усилитель рулевого управления с ЭБУ .....	127
13.6. Принцип работы гидроусилителя при наезде автомобиля на препятствие .....	128
14. Системы снижения токсичности отработавших газов .....	129
14.1. Загрязнение автотранспортом окружающей среды .....	129
14.2. Нейтрализация отработавших газов в автомобилях .....	131
14.3. Сажевые фильтры отработавших газов в автомобилях.....	133
14.4. Рециркуляция отработавших газов дизельного двигателя.....	135
14.5. Система подачи дополнительного воздуха в выпускной трубопровод двигателя автомобиля .....	136
14.6. Система вентиляции топливного бака автомобиля .....	137
14.7. Рекуперация энергии отработавших газов в автомобиле.....	138
Приложение 1. Соответствие функциональных элементов двигателя их конструктивным реализациям.....	140
Приложение 2. Порядок работы четырехтактного однорядного четырёхцилиндрового двигателя автомобиля .....	141
Приложение 3. Порядок работы двухрядного V-образного восьмицилиндрового двигателя автомобиля .....	142
Литература .....	143

*Учебное издание*

**Курулёв Александр Петрович**  
**Стещенко Павел Павлович**

## **УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ**

В двух частях

Часть 1

### **УСТРОЙСТВО И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

Редактор *Е. И. Костина*

Корректор *Е. Н. Батурчик*

Компьютерная правка, оригинал-макет *В. М. Задоля*

Подписано в печать 16.04.2019. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 8,72. Уч.-изд. л. 9,3. Тираж 35 экз. Заказ 333.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,  
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.  
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск