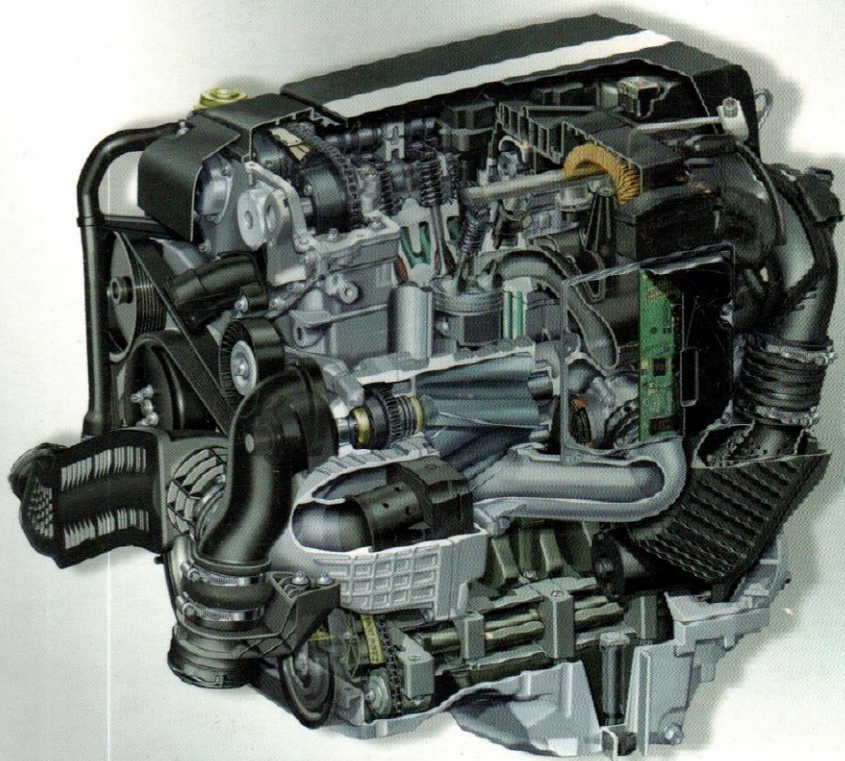




Русенски университет "Ангел Кънчев"

Кирил Хаджиев  
Симеон Илиев

# УСТРОЙСТВО НА АВТОТРАКТОРНИТЕ ДВИГАТЕЛИ



Русе 2015



Катедра „Двигатели и транспортна техника ” (ДТТ) е създадена през 1964 г. В катедрата се извършва научноизследователска дейност в следните области:



- Електронни управляващи системи;
- Моделиране и изследване на процесите в ДВГ;
- Екологични проблеми;
- Алтернативни горива и добавки;
- Горивни системи на бензинови и дизелови двигатели;
- Вграждане на ДВГ в машини и съоръжения;
- Оптимизиране разхода на гориво на транспортните средства;

- Усъвършенстване методите и средствата за проектиране, изпитване и изследване на транспортните средства;
- Намаляване буксуването на колесните трактори;
- Изследване вибрациите и шума на самоходни машини;
- Подобряване устойчивостта на движението и управляемостта на транспортните средства;
- Намаляване износването на гумите;
- Хибридни автомобили и електромобили.

Катедрата разполага със седем спирални стенда с възможност за изпитване на двигатели с мощност от 5 до 400 kW.

Лабораториите са оборудвани с пълната гама газоанализатори за определяне на емисиите в отработилите газове, включително единственият в страната тунел за разреждане при определяне количеството на дисперсните частици и съвременна измервателна техника за изпитване на автомобили.



## СЪДЪРЖАНИЕ:

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава 1. Общо устройство и принцип на действие на буталните двигатели с вътрешно горене ..... | 5   |
| 1.1 Въведение.....                                                                            | 5   |
| 1.2 Класификация на автотракторните двигатели .....                                           | 5   |
| 1.3 Общо устройство и основни определения при буталните двигатели с вътрешно горене.....      | 6   |
| 1.4 Работен цикъл на четиритактов бензинов двигател.....                                      | 8   |
| 1.5 Работен цикъл на четиритактов дизелов двигател.....                                       | 11  |
| 1.6 Работни цикли на двутактовите двигатели.....                                              | 13  |
| 1.7 Свърхпълнене на двигателите.....                                                          | 13  |
| 1.8 Многоцилиндрови двигатели.....                                                            | 19  |
| 1.9 Основни показатели на двигателя.....                                                      | 23  |
| Глава 2. Корпусни части. Коляно-мотовилков механизъм.....                                     | 24  |
| 2.1 Корпусни части .....                                                                      | 24  |
| 2.2 Коляно-мотовилков механизъм .....                                                         | 34  |
| Глава 3. Газоразпределителен механизъм .....                                                  | 52  |
| 3.1 Общи сведения. Видове .....                                                               | 52  |
| 3.2 Клапанни газоразпределителни механизми .....                                              | 53  |
| 3.3 Елементи на клапанныя газоразпределителен механизъм .....                                 | 58  |
| 3.4 Хлабина за топлинна компенсация. Хидравлични компенсатори.....                            | 65  |
| 3.5 Газоразпределителни механизми без клапанни пружини.....                                   | 67  |
| 3.6 Задвижване на разпределителния вал.....                                                   | 68  |
| 3.7 Фази на газоразпределение.....                                                            | 70  |
| 3.8 Механизми с променливи фази на газоразпределение.....                                     | 72  |
| Глава 4. Охладителна система .....                                                            | 74  |
| 4.1 Общи сведения.....                                                                        | 74  |
| 4.2 Течностна охлаждателна система .....                                                      | 74  |
| 4.3 Възли на течностната охлаждателна система.....                                            | 76  |
| 4.4 Въздушна охлаждателна система.....                                                        | 82  |
| Глава 5. Смазочна система .....                                                               | 84  |
| 5.1 Общи сведения. Видове .....                                                               | 84  |
| 5.2 Комбинирана смазочна система .....                                                        | 84  |
| 5.3 Възли на смазочната система.....                                                          | 87  |
| 5.4 Вентилация на картера .....                                                               | 93  |
| Глава 6. Хранителни системи на бензиновите двигатели.....                                     | 95  |
| 6.1 Общи сведения.....                                                                        | 95  |
| 6.2 Горивни смеси, въздушно отношение, идеална характеристика на дозиращата система.....      | 95  |
| 6.3 Хранителни системи на бензиновите двигатели.....                                          | 98  |
| Глава 7. Смесобразуване в дизеловите двигатели. Горивни уредби на дизеловите двигатели .....  | 129 |
| 7.1 Общи сведения за смесобразуването в дизеловите двигатели .....                            | 129 |
| 7.2 Общи сведения и изисквания към горивната уредба на дизеловия двигател .....               | 134 |
| 7.3 Разделени горивни уредби с непосредствено действие и механично управление .....           | 135 |
| 7.4 Акумулаторна горивна система .....                                                        | 143 |
| 7.5 Регулатори .....                                                                          | 149 |
| Глава 8. Хранителна система на газовите двигатели.....                                        | 156 |
| 8.1 Общи сведения .....                                                                       | 156 |



|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 8.2 Хранителни системи за втечен въглеродороден газ .....      | 15 |
| 8.3 Хранителни системи за природен газ .....                   | 16 |
| Глава 9. Запалителна система.....                              | 16 |
| 9.1 Общи сведения .....                                        | 16 |
| 9.2 Акумулаторна контактна запалителна система.....            | 16 |
| 9.3 Електронни запалителни системи.....                        | 17 |
| 9.4 Магнетно запалване .....                                   | 19 |
| Глава 10. Пускане на двигателите и пускови приспособления..... | 19 |
| 10.1 Общи сведения .....                                       | 19 |
| 10.2 Механични пускови системи .....                           | 19 |
| 10.3 Пневматични пускови системи .....                         | 19 |
| Литература                                                     | 20 |



# Глава 1. Общо устройство и принцип на действие на буталните двигатели с вътрешно горене

## 1.1. Въведение

Двигателите са машини, които преобразуват даден вид енергия (електрическа, топлинна и др.) в механична работа. Двигателите, преобразуващи топлинната енергия в механична работа се наричат топлинни двигатели. Топлинната енергия се получава при изгаряне на определен вид гориво.

В зависимост от мястото на протичане на горивния процес, топлинните двигатели се подразделят на два вида: двигатели с вътрешно горене и двигатели с външно горене.

При двигателите с външно горене процесът на горене протича извън двигателя. Към тези двигатели спадат парната машина, парната турбина и двигателите „Стирлинг“.

При двигателите с вътрешно горене горивният процес протича непосредствено в двигателя. Към тези двигатели се отнасят буталните двигатели, газовите турбини и реактивните двигатели.

За задвижване на автомобилите, тракторите и карите най-широко приложение са намерили буталните двигатели с вътрешно горене, наричани още „автотракторни двигатели“.

## 1.2. Класификация на автотракторните двигатели

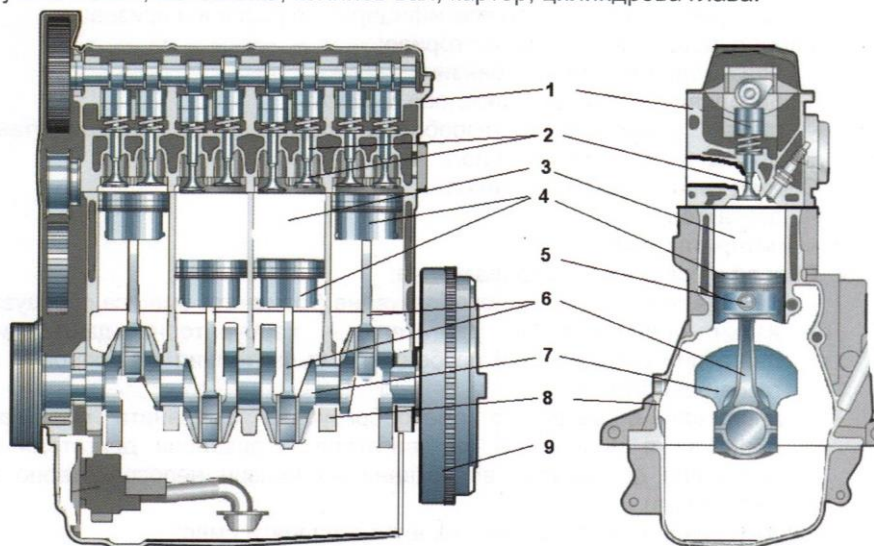
Автотракторните двигатели се класифицират по различни признаци:

1. Според вида на използваното гориво:
  - бензинови (работещи с бензин);
  - дизелови (работещи с дизелово гориво);
  - газови (работещи с газообразно гориво, като пропан-бутан, природен газ, водород и др.).
2. Според типа на работния цикъл:
  - двутактови;
  - четиритактови.
3. Според начина на смесообразуване:
  - двигатели с външно смесообразуване (горивната смес се образува извън цилиндъра на двигателя – карбураторни двигатели, двигатели с впръскване на бензин в пълнителния тръбопровод и газови двигатели);
  - двигатели с вътрешно смесообразуване (горивната смес се образува в цилиндъра на двигателя – дизелови двигатели и двигатели с директно впръскване на бензин непосредствено в цилиндъра).
4. Според начина на възпламеняване на горивната смес:
  - двигатели с принудително възпламеняване (възпламеняването се осъществява от електрическа искра - бензинови и газови двигатели);
  - двигатели работещи със самовъзпламеняване (дизелови).
5. По начина на запълване на цилиндъра с прясно работно тяло:

- двигатели с атмосферно пълнене, при които въздухът или горивната смес постъпва в цилиндъра поради създаденото пониско налягане от атмосферното, по време на такта пълнене;
  - двигатели с принудително пълнене, при които прясното работно тяло се подава принудително с по-високо налягане от компресор.
6. Според начина на регулиране при изменение на натоварването:
- двигатели с качествено регулиране, при които за промяна на натоварването се променя състава на сместа чрез промяна количеството на въвежданото в цилиндъра гориво;
  - двигатели с количествено регулиране, при които за изменение на натоварването се променя количеството на подаваната горивна смес.
7. Според начина на охлаждане:
- двигатели с течностно охлаждане;
  - двигатели с въздушно охлаждане.
8. Според броя на цилиндрите на двигателя:
- едноцилиндрови;
  - многоцилиндрови - от своя страна многоцилиндровите двигатели според подредбата на цилиндрите биват едноредови и многоредови (V-образни, W-образни, звездообразни и др.).

### 1.3. Общо устройство и основни определения при буталните двигатели с вътрешно горене

Основните части на буталните двигатели (фиг. 1.1) са: цилиндър, бутало, бутален болт, мотовилка, колян вал, картер, цилиндрова глава.



Фиг. 1.1. Бутален двигател: 1-цилиндрова глава; 2-клапани; 3-цилиндър; 4-бутало; 5-бутален болт; 6-мотовилка; 7-колян вал; 8-картер; 9-маховик.

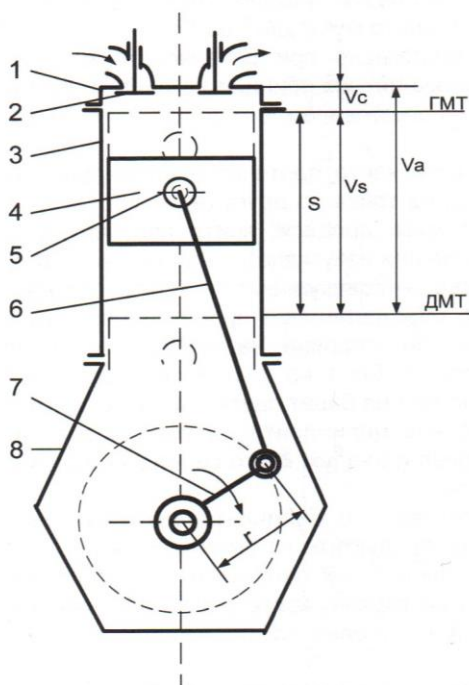
В картера 8 е монтиран колянвия вал 7, чрез лагери така, че да може да извършва въртливо движение. Буталото 4 се разполага в цилиндъра 3, в който



се движи възвратно постъпателно между две крайни положения. Движението на буталото се предава към мотовилковата шийка на колянвия вал чрез буталния болт 5 и мотовилката 6. Буталото, буталният болт, мотовилката и колянвия вал са елементи от колянмотовилковия механизъм, който именно служи да преобразува възвратно-постъпателното движение на буталото във въртливо на колянвия вал. Цилиндърът се затваря от горната страна с цилиндровата глава 1. В цилиндровата глава са изработени канали – пълнителни и изпускателни, които се затварят от клапаните 2.

*Основни определения:*

*Радиус на коляното* - разстоянието между оста на въртене и оста на мотовилковата шийка на колянвия вал  $r$  (фиг. 1.2) се нарича *радиус на коляното*.



Фиг. 1.2. Схема на бутален двигател: 1-цилиндърна глава; 2-клапани; 3-цилиндър; 4-бутало; 5-бутален болт; 6-мотовилка; 7-колян вал; 8-картер.

Положението на буталото, когато е най-отдалечено от оста на въртене на колянвия вал се нарича *горна мъртва точка (ГМТ)*, а положението, при което е най-близо до оста – *долна мъртва точка (ДМТ)*. Разстоянието между двете мъртви точки се нарича *ход на буталото S*. Ходът на буталото  $S$  зависи от радиуса на коляното  $r$  и се определя по зависимостта:

$$S = 2r. \quad (1,1)$$

Обемът в цилиндъра над буталото се променя непрекъснато при неговото движение. От значение за показателите на двигателя са следните обеми:

*Ходов (работен) обем  $V_s$*  – това е обемът между горна и долна мъртва точки (обемът, който описва буталото при преместването му от едната до другата мъртва точка). Ходовият обем се определя от диаметъра на цилиндъра

и хода на буталото. Сумата от ходовите обеми на всички цилиндри при многоцилиндровите двигатели се нарича *ходов обем (литраж) на двигателя*;

*Обем на горивната камера  $V_c$*  – това е обемът на пространството над буталото, когато то е в ГМТ;

*Пълнен обем  $V_a$*  – обемът на пространството над буталото, когато е в ДМТ. Пълният обем е сума от обема на горивната камера и ходовия обем:

$$V_a = V_c + V_s. \quad (1.2)$$

*Степен на сгъстяване* – *степента на сгъстяване  $\varepsilon$*  е отношението на пълния обем  $V_a$  към обема на горивната камера  $V_c$ :

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}. \quad (1.3)$$

Степента на сгъстяване показва колко пъти се намалява обема над буталото при преместването му от ДМТ до ГМТ.

Степента на сгъстяване при бензиновите и дизеловите двигатели е различна поради различният им принцип на работа. При бензиновите и газови двигатели степенята на сгъстяване е в границите  $\varepsilon = 7 - 14$ , а при дизеловите –  $\varepsilon = 14 - 23$ .

*Такт* – процесите които протичат в цилиндъра при преместването на буталото от една мъртва точка до друга (един ход) се наричат такт. Тактът се отъждествява със самите процеси, които протичат в цилиндъра (пълнене, сгъстяване разширение или изпускане), а не със самия ход на буталото.

*Работен цикъл* – съвкупността от последователно протичащи в цилиндъра по точно определен ред процеси (тактове), в резултат на което отделената топлина при изгаряне на горивото се превръща в механична работа. В зависимост от броя на тактовете в работния цикъл, буталните двигатели с вътрешно горене биват двутактови и четиритактови.

*Горивна смес* – в цилиндрите на бензиновите и газовите двигатели постъпва смес от гориво и въздух, която се нарича *горивна смес* (в дизеловите постъпва само въздух).

*Остатъчни газове* – в цилиндъра протичат периодично процеси на горене и почистване от продуктите на горене. Въпреки, че в работните цикли е предвиден отделен процес на почистване, в цилиндъра остават малко по количество продукти на горене, които участват в следващия работен цикъл. Останалите продукти на горене от предходния работен цикъл се наричат *остатъчни газове*.

*Работна смес* – постъпилата в цилиндъра горивна смес, при бензиновите и газовите двигатели, се смесва с остатъчните газове и образуват *работна смес*. При дизеловите двигатели, *работната смес* се получава след смесването на постъпилия в цилиндъра въздух с *остатъчните газове*.

*Отработени газове* – продуктите на горене, които се изхвърлят при почистването на цилиндъра се наричат *отработени газове* (ОГ).

#### 1.4. Работен цикъл на четиритактов бензинов двигател

Четиритактовият работният цикъл се състои от четири такта – *пълнене, сгъстяване, горене-разширение (работен) и изпускане*. От четирите такта само един е работен, а останалите са спомагателни.

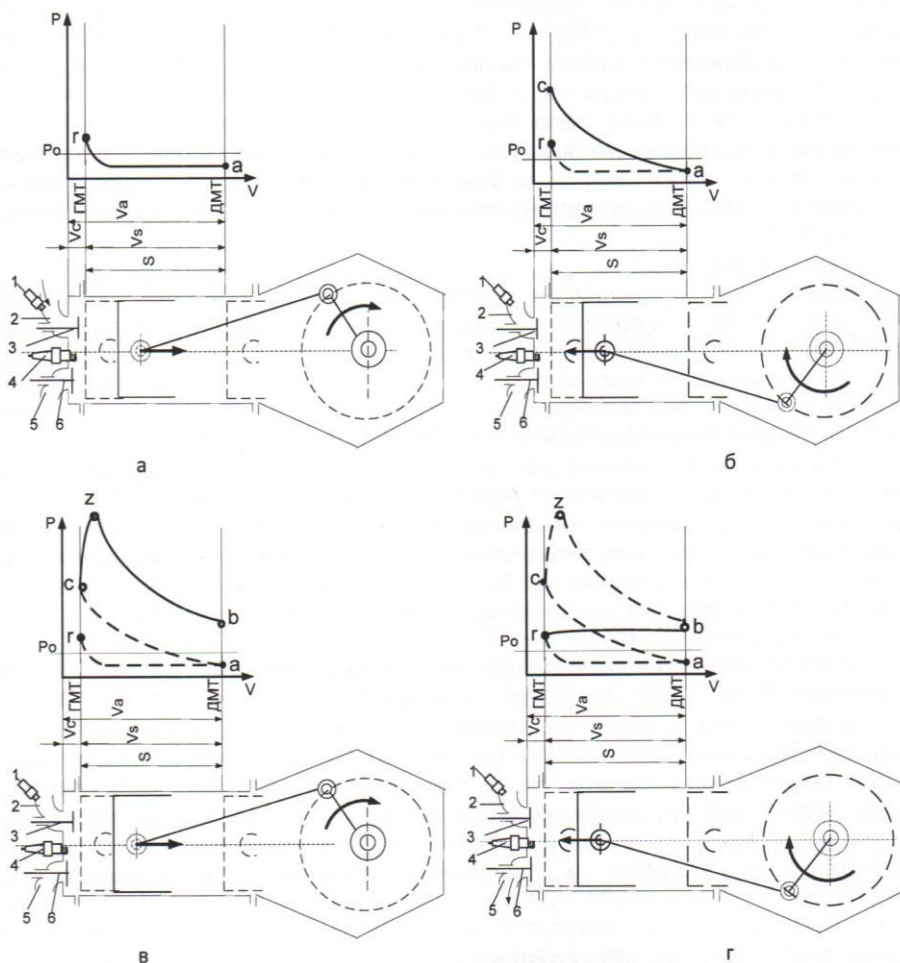
При работата на двигателя, налягането на газовете в цилиндъра се изменя непрекъснато. Графиката която показва изменението на налягането в цилиндъра, в зависимост от обема над буталото (положението на буталото) за



един работен цикъл, се нарича индикаторна диаграма (P-V диаграма). За по-добро и пълно разбиране на процесите протичащи в цилиндъра при реализирането на работния цикъл е приложена индикаторна диаграма (фиг.1.3).

#### Такт пълнене

Първият такт – *пълнене*, протича при движение на буталото от ГМТ до ДМТ и отворен пълнителен клапан 3 (фиг. 1.3 а). В началото на такта пълнене, буталото се намира в ГМТ, а обемът на горивната камера е запълнен с продукти на горенето, останали от предходния работен цикъл, които имат налягане малко по-високо от атмосферното  $p_0$  (точка г).



Фиг. 1.3. Работен цикъл на четиритактов бензинов двигател: а-пълнене; б-сгъстяване; в-горене-разширение (работен); г-изпускане; 1-дюза; 2-пълнителен канал; 3-пълнителен клапан; 4-запалителна свещ; 5-изпускателен канал; 6-изпускателен клапан.

Поради увеличаването обема на цилиндъра при движението на буталото към ДМТ, налягането започва да намалява. В определен момент, налягането в цилиндъра става по-ниско от атмосферното, вследствие на което въздух от

атмосферата започва да постъпва в пълнителния канал 2, движейки се към цилиндъра. Дюзата 1 впръсква необходимото количество гориво, което изпарявайки се се смесва с въздуха, като по този начин, цилиндърът на четиритактовия бензинов двигател се запълва с горивна смес. Процесът *пълнене* е показан на индикаторната диаграма (фиг. 3а) чрез линията  $r - a$ . В цилиндъра горивната смес се смесва с остатъчните газове, като се образува работната смес. В края на такта *пълнене* (*точка a*), буталото се намира в *ДМТ*, а цилиндърът е запълнен с прясна работна смес, с налягане малко по-ниско от атмосферното  $p_0$ . По-ниското налягане в края на пълненето се дължи на съпротивлението, което въздухът среща при преминаването през въздушния филтър, дроселната клапа, пълнителните канали и клапани. За бензиновите двигатели налягането  $p_a$  е  $0,075 - 0,090$  МПа. Поради контакта с нагретите стени на пълнителните канали, цилиндъра и клапаните, температурата на въздуха се повишава и достига  $T_a = 330 - 420$  К.

Поради по-ниското налягане в цилиндъра в края на пълненето и инерционното движение на въздуха, в цилиндъра продължава да навлиза горивна смес и малко след като буталото премине *ДМТ*. По тази причина пълнителният клапан се затваря на определен ъгъл по завъртане на колянвия вал след *ДМТ*.

#### *Такт сгъстяване*

Вторият такт – *сгъстяване*, протича при движение на буталото от *ДМТ* към *ГМТ* и затворени пълнителен и изпускателен клапани. При движението към *ГМТ*, буталото намалява обема на цилиндъра (*сгъстява работната смес*), при което се увеличават налягането (*линия a - c* фиг. 1.3 б) и температурата. Налягането в края на сгъстяването  $p_c$  за бензиновите двигатели е в границите  $p_c = 0,8 - 1,8$  МПа, а температурата  $T_c = 600 - 800$  К.

При по-голяма степен на сгъстяване се получават по-високи стойности на налягането и температурата и се подобряват мощността и икономичността на двигателя. Увеличаването на степента на сгъстяване е ограничено от вероятността за поява на детонационно (взривно) горене и изисква гориво с по-висока детонационна устойчивост. Детонационната устойчивост на горивото за бензиновите двигатели се характеризира с неговото октаново число.

#### *Такт горене-разширение*

Третият такт – *горене разширение (работен)*, протича при движение на буталото от *ГМТ* към *ДМТ* и затворени клапани (фиг. 1.3 в).

В края на такта сгъстяване, малко преди буталото да достигне *ГМТ* към запалителната свещ 4 (фиг. 1.3) се подава ток с високо напрежение, при което между електродите на свещта, намиращи се в горивната камера, се получава искров разряд, който възпламенява работната смес. Вследствие на отделената топлина при изгарянето на горивото, се увеличават температурата и налягането на газовете в цилиндъра. Максималните стойности на температурата достигат  $2300 - 2800$  К, а на налягането  $p_z = 4 - 6$  МПа (т. z фиг. 1.3 в). Изменението на налягането по време на горенето се представя на индикаторната диаграма чрез линията  $cz$ .

Газовете в цилиндъра, чрез своето високо налягане извършват работа, като изтласкват буталото към *ДМТ*. Движението на буталото се предава чрез буталния болт и мотовилката към колянвия вал, които го преобразуват във въртеливо. При преместването на буталото към *ДМТ* се увеличава обема на цилиндъра и газовете се разширяват, а налягането и температурата им намаляват (*линия zb* фиг. 1.3 в). Налягането в края на разширението (*точка b*) е  $p_b = 0,3 - 0,5$  МПа, а температурата  $T_b = 1200 - 1500$  К.



#### Такт *изпускане*

Четвъртият такт – *изпускане*, протича при движение на буталото от ДМТ към ГМТ и отворен изпускателен клапан (фиг. 1.3 г). По време на този такт, цилиндърът се очисти от *отработените газове*.

При движението си към ГМТ буталото изтласква отработените газове през отворения изпускателен клапан в атмосферата. Поради съпротивлението, което срещат газовете при преминаването си покрай изпускателния клапан и през изпускателната система налягането на газовете по време на този такт е по-високо от атмосферното (линия *bg* фиг. 1.3 г). За изтласкването на газовете се изразходва част от получената полезна работа по време на работния такт. За да се намали работата на изтласкване на газовете, изпускателният клапан се отваря преди ДМТ, при което част от газовете напускат сами цилиндъра поради по-високото си налягане.

Тактът *изпускане* завършва при достигането на буталото в ГМТ. Тогава обемът на горивната камера е запълнен с отработени газове (точка *г*), чието налягане е  $p_r = 0,110 - 0,125 \text{ MPa}$ , а температурата  $T_r = 800 - 1200 \text{ K}$ . Тези газове остават в цилиндъра и участват в следващия работен цикъл и затова се наричат *остатъчни газове*.

Със завършването на четвъртият такт, завършва и работния цикъл. По време на работата на двигателя се реализират последователно работни цикли, като след приключването на изпускането от предходния цикъл, следва веднага такта пълнене от следващия.

### 1.5. Работен цикъл на четиритактов дизелов двигател

Работният цикъл на четиритактовият дизелов двигател се състои от четири такта. Наименованието на отделните тактове е същото както при бензиновия, но се различават по някои от процесите протичащи в цилиндъра.

#### Такт *пълнене*

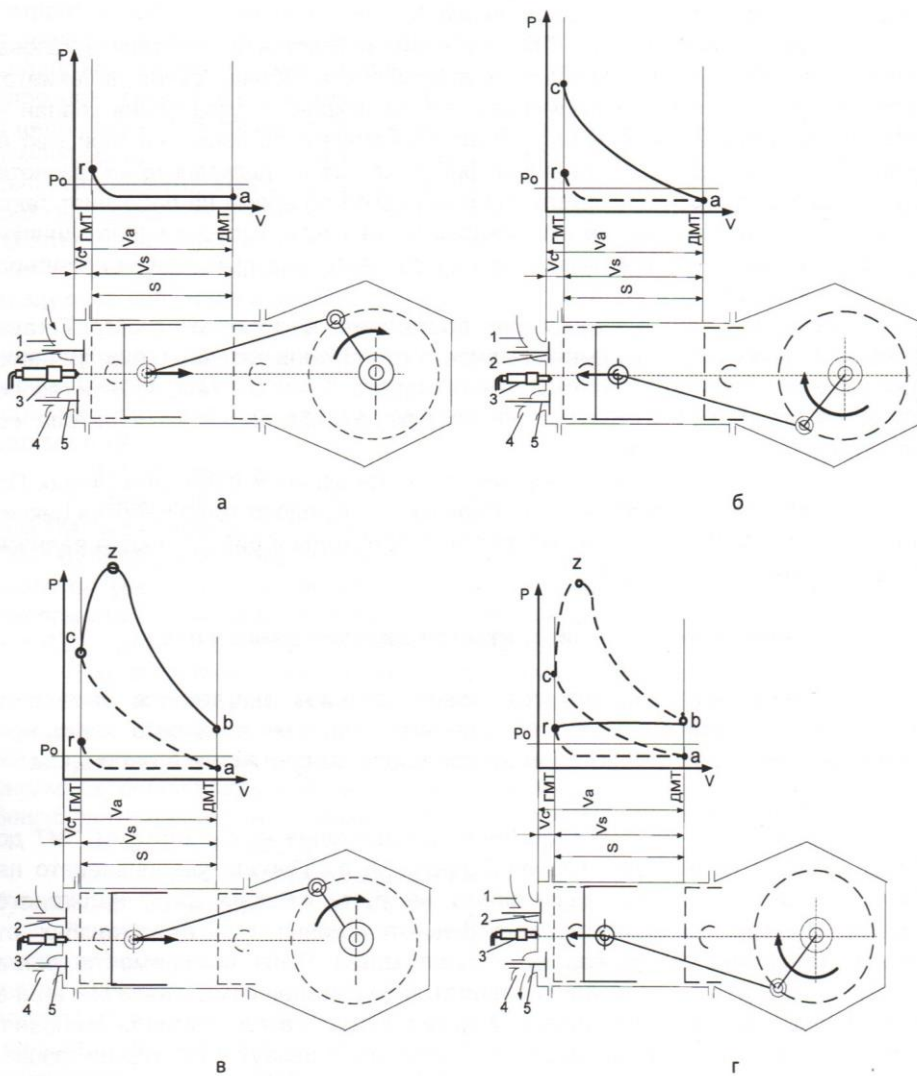
Първият такт – *пълнене*, протича при движение на буталото от ГМТ до ДМТ и отворен пълнителен клапан 2 (фиг. 1.4 а). Поради увеличаването на обема на цилиндъра, при движението на буталото към ДМТ, налягането намалява, става по-ниско от атмосферното (линия *г – а*) и въздух от атмосферата започва да навлиза в цилиндъра. Така по време на такта пълнене, цилиндърът на дизеловия двигател се запълва само с въздух - това е първата разлика в работния цикъл на дизеловия двигател спрямо бензиновия. В края на такта пълнене цилиндърът е запълнен с въздух и остатъчни газове, чието налягане е  $p_a = 0,080 - 0,095 \text{ MPa}$ , а температурата -  $T_a = 310 - 330 \text{ K}$ .

#### Такт *сгъстяване*

Вторият такт – *сгъстяване*, протича при движение на буталото от ДМТ към ГМТ и затворени пълнителен и изпускателен клапани. При движението към ГМТ, буталото намалява обема на цилиндъра (сгъстява работната смес), при което се увеличават налягането (линия *а – с* фиг. 1.4 б) и температурата.

Необходимо условие, за да работи дизеловият двигател, е температурата на работната смес, в края на сгъстяването, да е достатъчно висока, за да може горивото впръскнато в нея да се самовъзпламени. За да се

осигури това условие дизеловите двигатели се проектират с по-високи степени на сгъстяване.



фиг. 1.4. Работен цикъл на четиритактов дизелов двигател: а-пълнене; б-сгъстяване; в-горене-разширение (работен); г-изпускане; 1-пълнителен канал; 2-пълнителен клапан; 3-дюза; 4-изпускателен канал; 5-изпускателен клапан.

Налягането в края на сгъстяването  $p_c$  за дизеловите двигатели е в границите  $p_c = 3,5 - 6,0 \text{ MPa}$ , а температурата  $T_c = 700 - 900 \text{ K}$ .

Такт *горене-разширение*

Третият такт – *горене разширение (работен)*, протича при движение на буталото от ГМТ към ДМТ и затворени клапани (фиг. 1.4 в).



В края на такта съгъстяване, малко преди буталото да достигне *ГМТ*, чрез дюзата 3 се впръсква гориво под високо налягане, в състената в горивната камера смес от въздух и остатъчни газове. Поради високата температура, горивото се самовъзпламенява и изгаря. Вследствие на отделената топлина се повишават налягането (линия *cz*) и температурата на газовете в цилиндъра. Максималните температури достигат 1900 – 2300 K, а максималното налягане за цикъла  $p_z = 5 - 10 \text{ MPa}$  (т. *z* фиг. 1.4 в).

Газовете в цилиндъра, извършват работа, като изтласкват буталото към *ДМТ*. При преместването на буталото към *ДМТ* се увеличава обема на цилиндъра и газовете се разширяват, а налягането и температурата им намаляват (линия *z - b* фиг. 1.4 в). Налягането в края на разширението (точка *b*) е  $p_b = 0,3 - 0,4 \text{ MPa}$ , а температурата  $T_b = 1000 - 1200 \text{ K}$ .

Такт *изпускане*

Четвъртият такт – *изпускане*, протича при движение на буталото от *ДМТ* към *ГМТ* и отворен изпускателен клапан 5 (фиг. 1.4 г). По време на този такт, цилиндърът се очиства от *отработените газове*, като буталото изтласква отработените газове през отворения изпускателен клапан в атмосферата. Поради съпротивлението, което срещат газовете при преминаването си покрай изпускателния клапан и през изпускателната система налягането на газовете по време на този такт е по-високо от атмосферното (линия *bg* фиг. 1.4 г).

Такът изпускане завършва при достигането на буталото в *ГМТ*. Налягането на останалите в обема на горивната камера остатъчни газове е  $p_r = 0,110 - 0,125 \text{ MPa}$ , а температурата  $T_r = 600 - 800 \text{ K}$ .

Между работните цикли на четиритактовите дизелови и бензинови двигатели има някои съществени различия:

- по време на такта пълнене към цилиндъра на бензиновия двигател се подава горивна смес, а при дизеловия – само въздух. Горивото, необходимо за работата на дизеловия двигател, се впръсква в горивната камера, в края на съгъстяването, под високо налягане (10 – 200 MPa), което изисква коренно различна горивна уредба.

- възпламеняването на горивото при бензиновите двигатели е принудително, чрез електрически разряд между електродите на свещта, получаван при подаването на ток с високо напрежение. По тази причина бензиновите двигатели имат отделна запалителна система. Дизеловите двигатели нямат такава система, тъй като при тях горивото се самовъзпламенява от високата температура на съгъстения въздух.

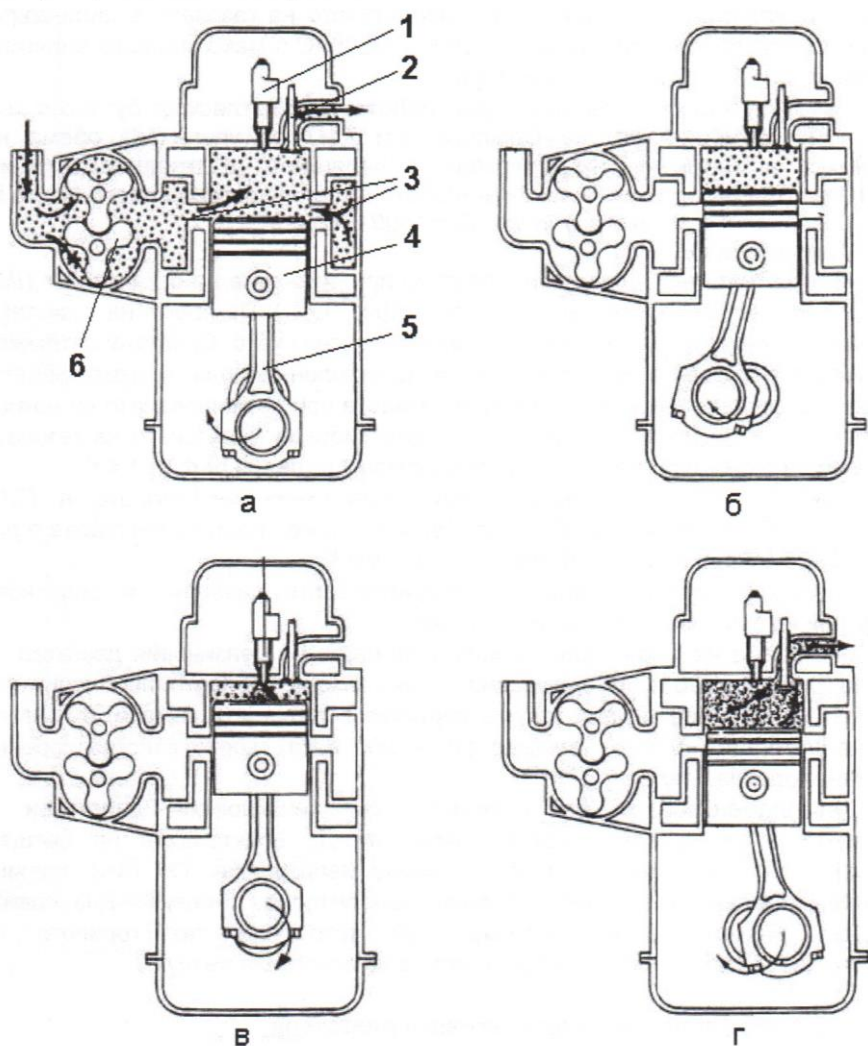
## 1.6. Работни цикли на двутактовите двигатели

При четиритактовите двигатели, газообменът (смяната на продуктите на горенето в цилиндъра с прясно работно тяло) се осъществява чрез извършването на отделни тактове (*изпускане* и *пълнене*). Цилиндърът на двутактовите двигатели се очиства от отработените газове, чрез изтласкването им от предварително съгъстената горивна смес или въздух, при едновременно отворени пълнителни и изпускателни канали. Предварителното съгъстяване на пряското работно тяло се осъществява в компресори.

В двутактовите бензинови двигатели предварителното съгъстяване на горивната смес се осъществява в картера на двигателя от самото бутало. Така

отпада необходимостта от допълнителни ходове на буталото за осъществяване на изпускането и пълненето.

Принципната схема на работа на двутактов дизелов двигател с компресор е показана на фиг. 1.5.



Фиг. 1.5. Принципна схема на двутактов дизелов двигател: а-продухване; б-сгъстяване; в-впръскване на гориво; г- горене и разширение; 1-дюза; 2-изпускателен клапан; 3- продухвателни отвори; 4-бутало; 5-мотовилка; 6-компресор.

Двутактовият дизелов двигател има само изпускателен клапан 2. Компресор 6 подава необходимия за работата въздух, през продухвателни отвори 3, изработени в стената на цилиндъра. Разположението на отворите е такова, че буталото ги отваря и затваря с челото си при преминаването си през ДМТ.



*Първият такт* протича при движението на буталото 4 от ДМТ към ГМТ. Когато буталото е около ДМТ изпускателният клапан и продухвателните канали са отворени. Подаваният от компресора въздух, постъпва в цилиндъра като изтласква отработените газове през отворения изпускателен клапан (фиг. 5а). Този процес на почистване на цилиндъра от продуктите на горене и запълване с въздух продължава до затварянето на изпускателния клапан и продухвателните отвори.

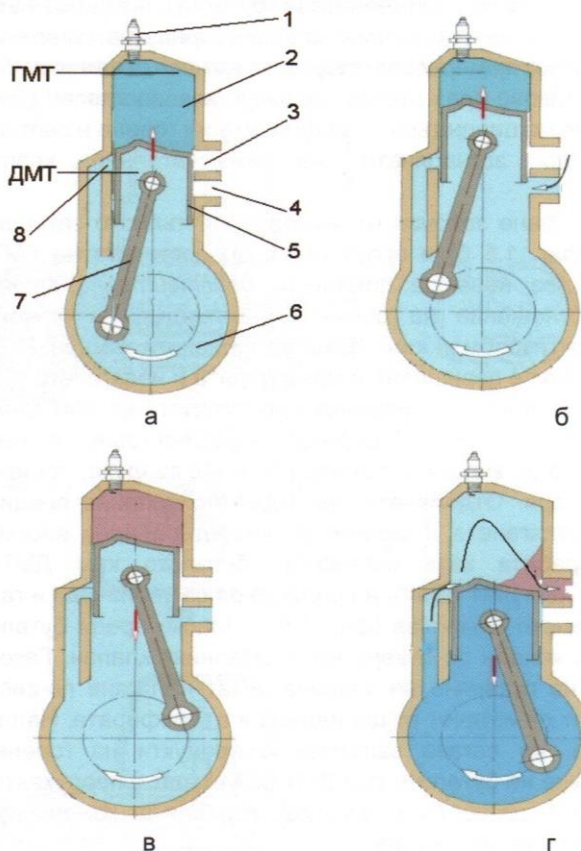
Процесът на съгъстяване започва от момента на пълното затваряне на каналите от буталото (фиг. 1.5 б) и продължава до достигане на ГМТ. При двутактовите двигатели се въвежда понятието *действителна степен на съгъстяване*, която е отношение на обема на цилиндъра в момента на затваряне на каналите за газообмен към обема на горивната камера. По време на съгъстяването на въздуха се повишават температурата и налягането.

Вторият такт съответства на движението на буталото от ГМТ към ДМТ. Малко преди буталото да достигне ГМТ дюзата 1 впръсква гориво в съгъстения въздух (фиг. 1.5 в). Поради високата температура на въздуха, горивото се самовъзпламенява и изгаря. Отделената при горенето топлина предизвиква рязко повишаване на налягането. Газовете в цилиндъра чрез високото си налягане, извършват работа като изтласкват буталото към ДМТ. При движението на буталото към ДМТ обема на цилиндъра се увеличава и газовете се разширяват, а налягането намалява (фиг. 1.5 г). Малко преди буталото да отвори продухвателните канали се отваря изпускателният клапан. Газовете в цилиндъра, в момента на отваряне на клапана, имат налягане по-високо от атмосферното и започват да изтичат от цилиндъра в атмосферата. Налягането в цилиндъра намалява, но остава запълнен с продукти на горене. При продължаващото движение на буталото към ДМТ се отварят и продухвателните канали, през които започва да постъпва въздух, подаван от компресора 6. С това започва продухването на цилиндъра.

*Двутактовият бензинов двигател* с картерно продухване е без клапани, като каналите за почистване на цилиндъра от продуктите на горене и запълване с прясно работно тяло се отварят и затварят от буталото (фиг. 1.6). При този двигател, в осъществяването на газообмена участва и картерът. По тази причина картерът трябва да бъде херметически затворен.

В цилиндъра на двигателя са изработени три типа канали – изпускателен 3; пълнителен 4 и продухвателен 8 (фиг. 1.6 а). Пълнителният канал свързва картера с атмосферата за запълването му с прясна горивна смес, изпускателният канал свързва цилиндъра с атмосферата за почистването му от отработените газове, а продухвателният канал свързва картера с цилиндъра. Разположението на отворите на съответните канали в цилиндъра е от съществено значение за работата на двигателя.

Когато буталото е в ДМТ продухвателният и изпускателният отвори са изцяло отворени. Горният край на изпускателния канал е по-високо разположен от продухвателния – така при движението си към ГМТ буталото ще затвори с челото си първо продухвателния и след това изпускателния канал (фиг. 1.6 а), а при движението от ГМТ към ДМТ ще отвори първо изпускателния и след това продухвателния канал (фиг. 1.6 а).



Фиг. 1.6. Принципа на двутактов бензинов двигател с картерно продухване: 1-запалителна свещ; 2-цилиндър; 3-изпускателен канал; 4-пълнителен канал; 5-бутало; 6-картер; 7-мотовилка; 8-продухвателен канал.

Буталото отваря пълнителния канал при движението си към ГМТ чрез направляващата си част (фиг. 1.6 б), и го затваря при движението към ДМТ (фиг. 1.6 в).

*Първият такт* протича при движение на буталото от ДМТ към ГМТ. След затварянето на продухвателния и изпускателния канали се осъществява съгъстяване на намиращата се в цилиндъра работна смес. Едновременно с това се увеличава обема на картера и налягането в него намалява, като става по-ниско от атмосферното. Към края на движението към ГМТ буталото отваря пълнителния канал и поради създаденото разреждане в картера започва да навлиза прясна горивна смес. Процесите на съгъстяване на работната смес в цилиндъра и запълване на картера с прясна горивна смес продължава до достигането на ГМТ.

*Вторият такт* протича при движението на буталото от ГМТ до ДМТ. Малко преди ГМТ запалителната свещ възпламенява работната смес в цилиндъра. Вследствие отделената при горенето топлина се повишават налягането и температурата в цилиндъра. Газовете със своето високо налягане



извършват работа като изтласкват буталото към ДМТ. В началото на движението си буталото затваря пълнителния канал и започва предварително сгъстяване на горивната смес в картера. При приближаването на ДМТ се отваря изпускателния канал и газовете в цилиндъра започват да изтичат в атмосферата. Налягането в цилиндъра намалява, но цилиндърът остава все още запълнен с продукти на горене. В момента на отварянето на продухвателния канал, налягането на сгъстената в картера горивна смес е по-високо от налягането на останалите в цилиндъра газове и горивната смес навлиза в цилиндъра, като изтласква останалите продукти на горене през отворения изпускателен канал. За по добро почистване на цилиндъра от отработените газове и запълване с прясна работна смес е необходимо продухвателните канали да са така насочени, че постъпващата горивна смес да обиколи контура на цилиндъра (фиг. 1.6 г). С това се намаляват и загубите на прясна работна смес през изпускателния канал. След преминаването на ДМТ започва следващият работен цикъл и всички процеси се повтарят.

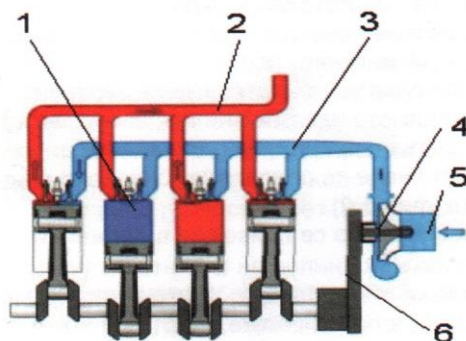
### 1.7. Свръхпълнене на двигателите

Един от рационалните методи за повишаване мощността на двигателите е принудителното подаване на прясното работно вещество в цилиндъра с помощта на специален компресор. Свръхпълненето позволява да се увеличи налягането  $p_k$  и плътността  $\rho_k$  на прясното работно вещество, което постъпва в цилиндъра. Това създава възможност за изгаряне на по-голямо количество гориво за един цикъл и получаване на по-голяма мощност.

В зависимост от начина, по който се осъществява свръхпълненето на двигателите, се различават следните системи:

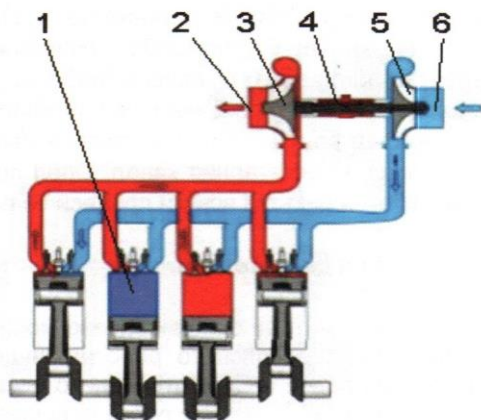
1. Механично свръхпълнене.
2. Газотурбинно свръхпълнене.
3. Комбинирано свръхпълнене.

Механичното свръхпълнене (фиг. 1.7) се осъществява с помощта на компресор, който се привежда в движение от двигателя, посредством зъбна или ремъчна предавка, т.е. използва се част от мощността на двигателя (средно от 5 + 15%).



Фиг. 1.7. Схема на механично свръхпълнене: 1- двигател; 2-изпускателен тръбопровод; 3-пълнителен тръбопровод; 4- компресор; 5- вход на въздух от атмосферата; 6-зъбна или ремъчна предавка.

*Газотурбинно свръхпълнене.* се осъществява с помощта на компресор 2, който се задвижва от газова турбина 5 посредством вал 4 (фиг. 1.8). Газовата турбина заедно с компресора се нарича турбокомпресор. Турбокомпресорът е напълно самостоятелен агрегат и има само газова връзка с двигателя. За задвижване на газовата турбина се използва енергията на отработилите газове, която достига до  $30 + 35\%$  от общото количество топлина, въведена в двигателя.



Фиг. 1.8. Схема на газотурбинно свръхпълнене: 1- двигател; 2- изход на ОГ към атмосферата; 3- газова турбина; 4- вал на турбокомпресора; 5- компресор; 6- вход на въздух от атмосферата.

Основното предимство на газотурбинното свръхпълнене пред механичното е това, че при него не се изразходва част от мощността на двигателя за задвижване на компресора. В резултат на това механичният к.п.д. на двигателя с газотурбинно свръхпълнене е по-висок от този с механичното свръхпълнене.

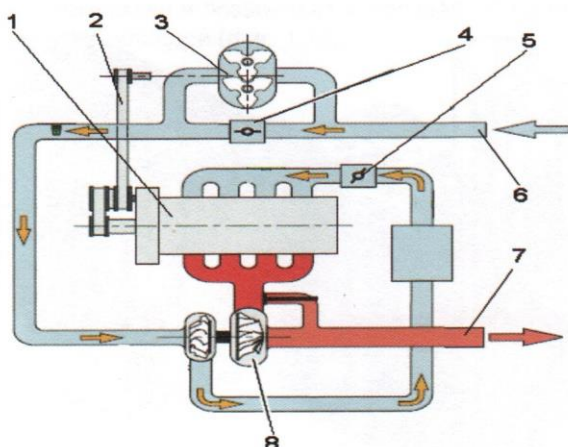
При газотурбинното свръхпълнене налягането на въздуха след компресора се изменя в зависимост от натоварването на двигателя. Но в този случай пъргавината на двигателя е влошена тъй като турбината, при повишаване на натоварването на двигателя, не може веднага да достигне необходимата честота на въртене, поради необходимостта от известно време за преодоляване на инерцията на въртящите се турбинни части, а също така и за достигане на необходимото налягане на газовете пред турбината.

*Комбинирано свръхпълнене.* За да се избегнат недостатъците на газотурбинното свръхпълнене се прилага комбинирано съгъстяване на въздуха в два различни агрегата (фиг. 1.9).

Единият от компресорите се привежда в движение от вала на двигателя, а другият – от газова турбина.

Обикновено, при ниски честоти на въртене на колянвия вал се включва механичният компресор 3, а при високите, когато турбокомпресора 8 започне да подава съгъстен въздух се изключва. В съвременните двигатели управлението на механичния компресор и клапата 4 се осъществява от електронният блок за управление на двигателя.





Фиг. 1.9. Схема на комбинирано свърхпълнене: 1-двигател; 2-ремъчна предавка; 3--механичен компресор; 4 и 5-клапи за регулиране на потоците въздух; 6-вход на въздуха от атмосферата; 7-изход на ОГ към атмосферата; 8-турбокомпресор.

Комбинираното свърхпълнене има особено значение за двутактовите двигатели, в които мощността на газовата турбина, при малките натоварвания и ниска честота на въртене, е обикновено недостатъчна за задвижване на компресора, вследствие на което не може да се осигури необходимото количество въздух и налягане на въздуха за продухване и зареждане на цилиндъра.

### 1.8. Многоцилиндрови двигатели

Едноцилиндровите двигатели имат съществени недостатъци: неуравновесеност и неравномерно въртене на колянвия вал.

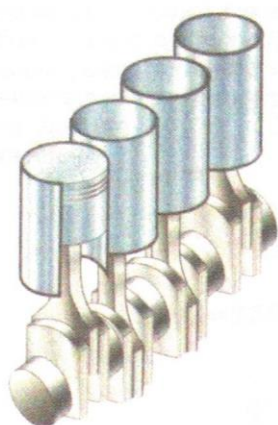
Неуравновесеността се дължи на действието на инерционните сили, пораждани в колянмотовилковия механизъм вследствие възвратно постъпателното движение на буталото. Уравновесяването им се постига чрез монтаж на допълнителни валове с противотежести.

Неравномерността на въртене на колянвия вал е вследствие ускорението му по време на работния такт, и закъснителното му движение при останалите тактове. За изравняване скоростта на въртене към колянвия вал се монтира маховици, имащи значителна маса.

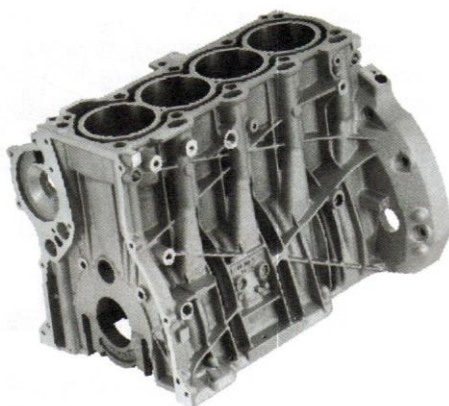
За по-добра уравновесеност и равномерност на въртене, двигателите се правят многоцилиндрови, като работните ходове в различните цилиндри следват определена последователност, през равен ъгъл на завъртане на колянвия вал.

В зависимост от разположението на цилиндрите двигателите се делят на: едноредови (редови) и многоредови (V-образни, VV-образни, опозитни и др.).

При едноредовите двигатели, наричани още редови, цилиндрите са разположени един до друг в един ред (фиг. 1.10). Тази конструкция е предпочитана за двигатели с брой на цилиндрите до 6.



а

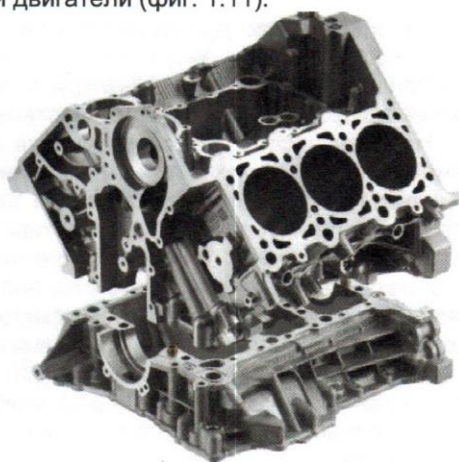
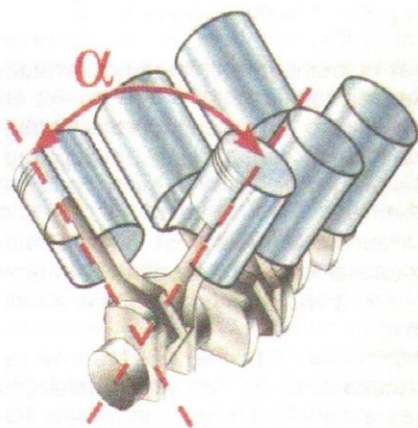


б

Фиг. 1.10. Разположение на цилиндрите в редови двигател: а-схема на разположение на цилиндрите; б-блоккартер на четирицилиндров редови двигател.

С увеличаването броя на цилиндрите в редовия двигател, нарастват габаритните му размери.

За намаляване дължината на многоцилиндровите двигатели, цилиндрите се подреждат в два или повече редове. При двуредовите, двата реда цилиндри са разположени под ъгъл  $\alpha$  един спрямо друг, образувайки буквата V, откъдето идва наименованието им – V-образни двигатели (фиг. 1.11).



Фиг. 1.11. Разположение на цилиндрите във V-образен двигател: а-схема на разположение на цилиндрите; б-блоккартер на шестцилиндров V-образен двигател.

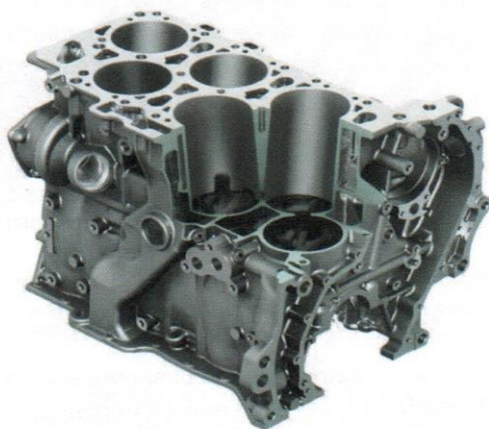
Ъгълът  $\alpha$  между двата реда цилиндри се подбира по различни съображения и може да бъде  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $90^\circ$ . Двигателите с малък ъгъл между



редовете ( $\alpha=15^\circ$ ) са компактни и позволяват използването на една цилиндрова глава, обща за всичките цилиндри (фиг. 1.12).



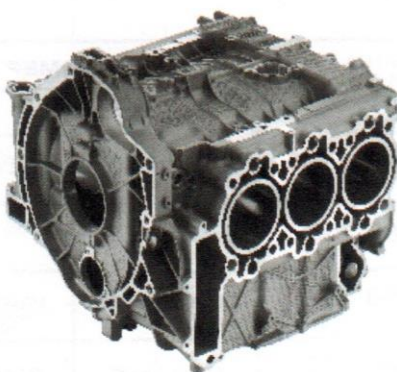
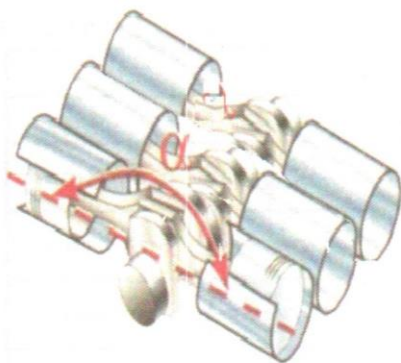
а



б

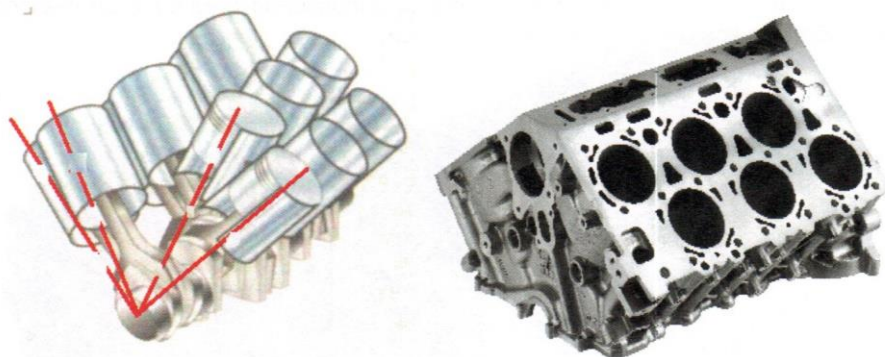
Фиг. 1.12. Разположение на цилиндрите във V-образен двигател с малък ъгъл между редовете: а-схема; б-блоккартер.

При двигателите с ъгъл между редовете  $\alpha=180^\circ$  цилиндрите са разположени срещуположно в една равнина (фиг. 1.13) и се наричат опозитни или боксерни.



Фиг. 1.13. Разположение на цилиндрите в опозитен двигател: а-схема; б-блоккартер.

За намаляване масата и габаритните размери на двигателите с по-голям брой цилиндри са намерили приложение три и четириредови конструкции. На фиг. 1.14 е показано разположението на цилиндрите на четири редов дванадесет цилиндров двигател (VV-образен двигател).



Фиг. 1.14. Разположение на цилиндрите в четириредов двигател: а-схема; б-блоккартер.

За намаляване неравномерността на въртене на колянвия вал работните тактове в отделните цилиндри трябва да не протичат едновременно, а в определена последователност, през равни ъглови интервали на завъртане на колянвия вал. Редът, по който следват работните тактове в цилиндрите на двигателя се нарича работен ред. Работният ред зависи от броя и разположението на цилиндрите, тактността, ъгъла между колената на колянвия вал и др.. Работният ред на четирицилиндров четиритактов редови двигател може да бъде 1-2-4-3 или 1-3-4-2, за шестцилиндров редови 1-5-3-6-2-4, но за шестцилиндров V-образен 1-4-2-5-3-6.

В таблица 1.1 е показана последователността на протичане на тактовете в четирицилиндров четиритактов редови двигател с работен ред 1-3-4-2 в зависимост от ъгъла на завъртане на колянвия вал.

Таблица 1.1.

| ЪГЪЛ НА ЗАВЪРТАНЕ НА КОЛЯНОВИЯ ВАЛ, deg | НОМЕР НА ЦИЛИНДЪРА |              |              |              |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                         | 1                  | 2            | 3            | 4            |
| 0 - 180                                 | пълнене            | сгъстяване   | изпускане    | работен такт |
| 180 - 360                               | сгъстяване         | работен такт | пълнене      | изпускане    |
| 360 - 540                               | работен такт       | изпускане    | сгъстяване   | пълнене      |
| 540 - 720                               | изпускане          | пълнене      | работен такт | сгъстяване   |

Работните тактове в четирицилиндровия двигател протичат през 180° завъртане на колянвия вал. Двигателите с по-голям брой цилиндри имат по-висока равномерност на въртене на колянвия вал, поради намаляване на ъгловия интервал – при шестцилиндровите редови двигатели този ъгъл намалява на 120°.



### 1.9. Основни показатели на двигателя

Работата на двигателя се характеризира главно с неговите въртящ момент, мощност и горивна икономичност.

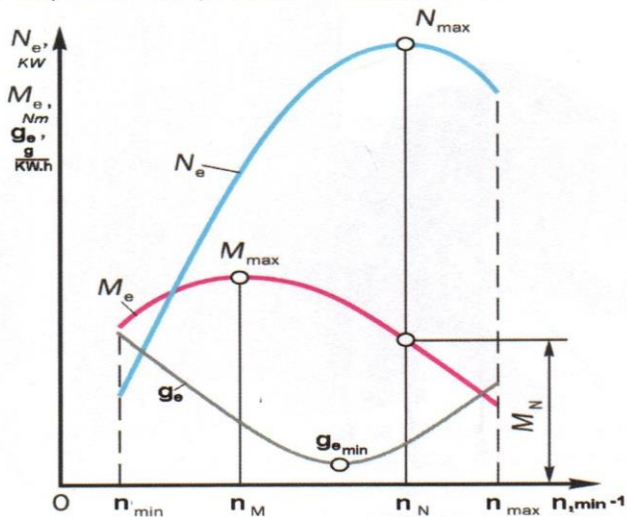
Силата от налягането на газовете, действаща върху челото на буталото, се предава чрез мотовилката към колянвия вал, създавайки въртящ момент, който чрез трансмисията на автомобила се предава към двигателните колела. От въртящия момент на двигателя зависи поведението на автомобила при движението му по пътищата.

Съвременна единица за измерване на въртящия момент е  $Nm$ . Въртящият момент на двигателя зависи от налягането на газовете в цилиндъра, площта на челото на буталото, радиуса на колянното на колянвия вал и др.

Произведението на въртящия момент и ъгловата скорост на колянвия вал при дадена честота на въртене се нарича ефективна мощност и се измерва в  $KW$ . Мощността зависи от натоварването на двигателя и честотата на въртене на колянвия вал.

Икономичността на работата на двигателя се характеризира със специфичния ефективен разход на гориво. Специфичният ефективен разход на гориво се измерва в  $g/KWh$  и показва какво количество гориво се изразходва за получаване на  $1 KW$  мощност в продължение на един час (h).

За оценка на показателите на двигателите се използва скоростната характеристика (фиг. 1.15), която показва как се изменят мощността  $N_e$ , въртящият момент  $M_e$  и специфичният ефективен разход на гориво  $g_e$  в зависимост от скоростта на въртене на колянвия вал  $n$ .



Фиг. 1.15. Скоростна характеристика на автотракторен двигател.

От характеристиката може да се отчетат максималните стойности на мощността  $N_{max}$ , на въртящия момент  $M_{max}$  и минималния специфичен разход на гориво  $g_{e,min}$ . От важно значение за експлоатационните качества на двигателя са честотите  $n_N$  и  $n_M$ , при които се достигат съответно максимална мощност и максимален въртящ момент, както и минималната  $n_{min}$  и максимална  $n_{max}$  допустими честоти на работа.

## Глава 2. Корпусни части. Коляно-мотовилков механизъм

### 2.1. Корпусни части

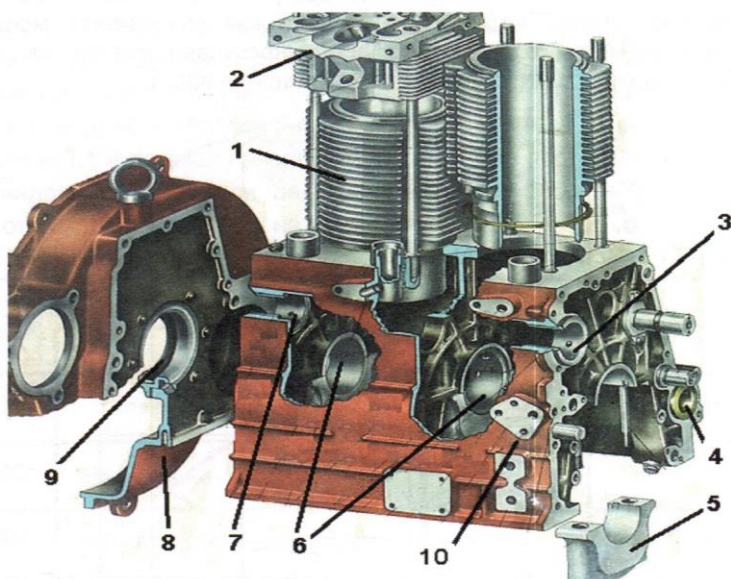
Двигателят с вътрешно горене се състои от корпусни части, механизми и системи.

Основните корпусни части, върху които се монтират механизмите в системите на двигателя, са картерът, цилиндровият блок и цилиндровата глава. От формата и размерите им зависят основните габарити на двигателя.

#### Картер.

В него се разполагат основните части на механизмите. Над него се монтира цилиндровият блок.

В картера се монтира коляновият вал. Поради сложната форма на коляновия вал лагерните гнезда 6 за основните му шийки са разглобяеми (фиг. 2.1). Капаците 5 на основните лагери се отделят от гнездата и след монтажа на коляновия вал и лагерите се закрепват към картера. Лагерните гнезда се изработват масивни, оребрени, за да се намали податливостта им. Капакът на плъзгащия лагер се стяга на болтове или с шпилки. Картерът е отворен от долната си страна и се затваря с долният картер, понякога наричан маслено корито.



Фиг. 2.1. Картер: 1-цилиндър; 2-цилиндровата глава; 3, 7-лагерни гнезда на разпределителния вал; 4-лагерно гнездо на балансиращия вал; 5-капак на основен лагер; 6-лагерни гнезда на коляновия вал; 8-задан капак (картер на съединителя); 9-уплътнение; 10-картер.

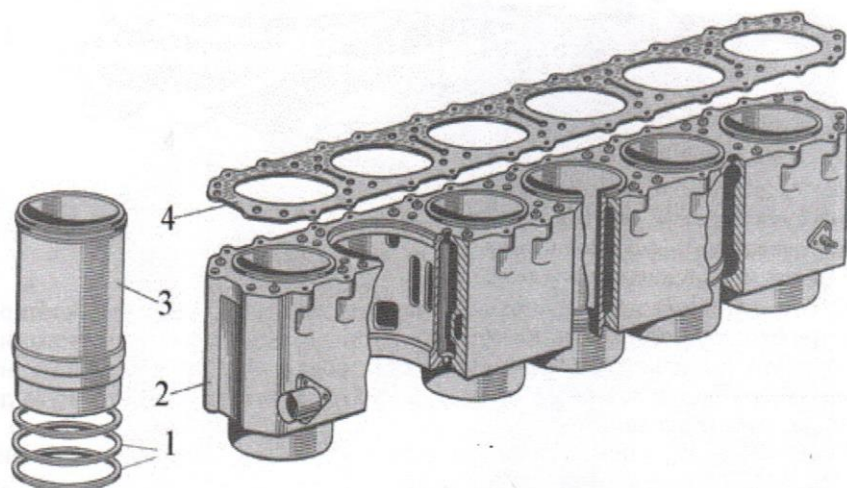
В картера може да се монтира и разпределителният вал от газоразпределителния механизъм. Поради по-простата му форма, начинът на монтаж е тунелен и неговите лагерни гнезда 3 и 7 са неразглобяеми. Някои двигатели имат балансиращ механизъм, чиито валове се монтират също в



картера. За балансиращите валове са предвидени също лагерни гнезда с лагери 4. До всички лагери на валовете е необходимо да се подава масло под налягане, за осигуряване на мазането им. За тази цел, в картера се изработва сложна система от канали, образуващи маслената магистрала по които маслото достига до всеки един отделен лагер.

### Цилиндров блок.

Той е основна част на двигателя (фиг. 2.2). Представлява монолитна отливка най-често от чугун или алуминиева сплав. В него са изработени охладителната риза и цилиндрите. В някои конструкции цилиндровите втулки 3 се изработват отделно и се монтират в блока 2.



Фиг. 2.2. Цилиндров блок: 1-уплътнителен пръстен; 2-цилиндров блок; 3-цилиндър; 4-уплътнител

При двигателите с въздушно охлаждане се прилагат отделни цилиндри, монтирани към картера с болтове или шпилки. Цилиндърът е силно оребрен за подобряване на топлоотдаването.

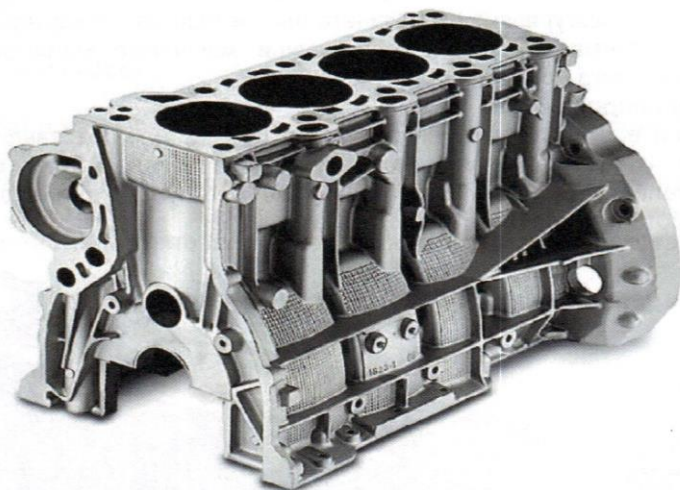
Употребата на цилиндров блок в съвременните двигатели е ограничена. Най-често се използва в мощните дизелови двигатели, чиито картери и цилиндри се изработват от леки сплави. Предимствата на тази конструкция, в сравнение с отделните цилиндри, са голямата недеформируемост и по-добрата технологичност при изработването ѝ.

Когато цилиндровият блок и картерът са отлети заедно, се наричат **блок-картер**. В съвременните автотракторни двигатели, блок-картерът е намерил широко приложение, понеже позволява да се намалят габаритите и масата на двигателя. Той се отлива от чугун или алуминиева сплав. В някои мощни дизелови двигатели са намерили приложение стоманени заварени цилиндрови блокове и картери.

На фиг. 2.3 е показан блок-картер на четирицилиндров двигател. Осите на цилиндрите са вертикално разположени в един ред. В задния край на блок-картера е оформен кожухът на маховика, или се монтира допълнително.

Общата отливка на цилиндровия блок и картера повишава общата недеформируемост и надеждност на цялата конструкция, придава ѝ

компактност и намалява броя на механично обработваните повърхнини на корпуса.

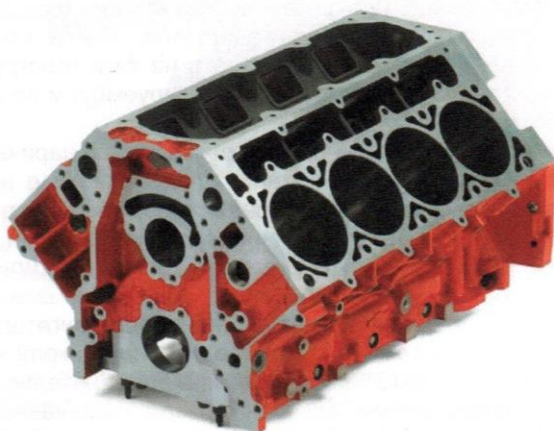


Фиг. 2.3. Блок-картер на четирицилиндров двигател.

С отстраняване на разделянето между цилиндровия блок и картера отпада необходимостта от удебеляване на опорните стени в мястото на съединяването им и се появява възможност за намаляване дебелината на вътрешните преградни стени на картера и цилиндровия блок, което води до намаляване масата на двигателя.

Коравината на блок-картера се увеличава, като делителната линия между горния и долния картер се разполага под оста на колянвия вал или се използват тунелни блок-картери, в които коляновите валове най-често са монтирани на търкалящи лагери.

Блок-картерът на V-образните двигатели (фиг. 2.4) се отличава с по-голяма коравина, с това, че е по-компактен, но и по-сложен в технологично отношение. Поради своите предимства V-образните двигатели намират все по-голямо разпространение.

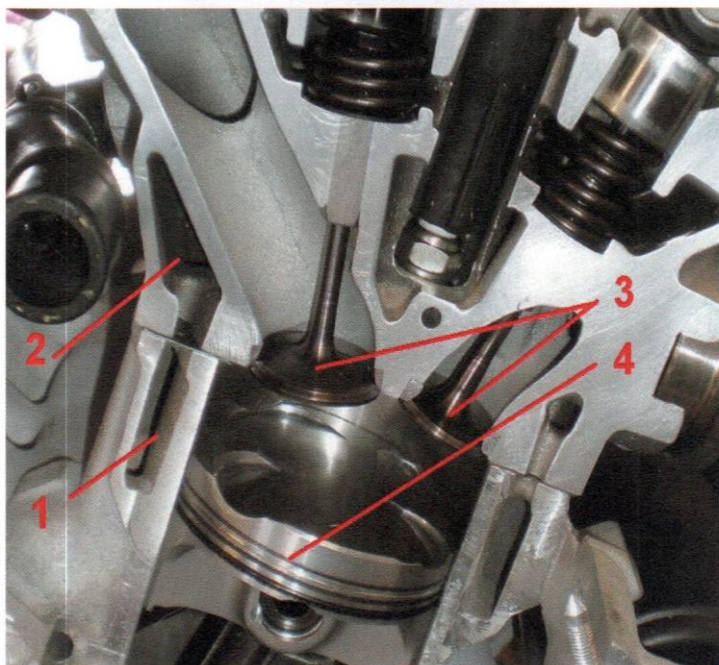


Фиг. 2.4. Блок-картер на осемцилиндров V-образен двигател.



Недостатъкът на тази конструкция се състои в това, че в случай на проблем с един от цилиндрите се налага извършването на сложен ремонт или в краен случай подмяна на целия скъп блок-картер. Като друг недостатък може да се отбележи сложността на отливане на блок-картера в сравнение с цилиндровия блок.

Охладителната риза на двигателя с течностно охлаждане се намира в блок-картера. Тя представлява система от камери, свързани с канали, получени при отливането на цилиндровия блок, по които циркулира охлаждащата течност. Охладителната риза на цилиндровия блок се свързва по различен начин с охлаждащата риза на цилиндровата глава (фиг. 2.5).



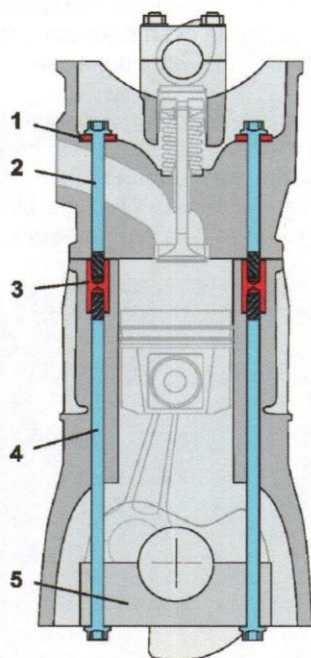
Фиг. 2.5. Охладителни ризи на двигател с принудително запалване: 1-охладителна риза на цилиндровия блок; 2-охладителни ризи на цилиндровата глава; 3-пълнителен и изпускателен клапан; 4-бутало

Цилиндровата глава се закрепва към цилиндровия блок с голям брой болтове или шпилки. На фиг. 2.6 е показана конструкцията на монтаж на цилиндрова глава и цилиндров блок, намаляващ напреженията в някои от частите им.

В блок-картера се намират каналите и гнездата, в които се монтират частите на газоразпределителния механизъм.

Към външните стени на блок-картера се монтират опорите за еластичното окачване на двигателя върху рамата на транспортното средство, стартера, маслените филтри и др.

Отдолу блок-картерът се затваря от маслената вана. Тя служи да предпази картера и механизмите от замърсяване и за резервоар на маслото от смазочната система.



Фиг. 2.6. Монтаж на алуминиеви блок-картер и цилиндрова глава: 1-шайба; 2-болт за закрепване на цилиндровата глава; 3-стоманена вложка; 4-болт за закрепване на капака на основния лагер; 5-капак на основен лагер

В зависимост от конструкцията на двигателя и разположението му в автомобила, маслената вана има различна форма. Тя се щампова от листов стомана, от чугун или алуминиева сплав.

**Цилиндровите втулки** се използват за повишаване износоустойчивостта на вътрешната повърхнина на цилиндрите. При износване те се сменят.

Цилиндровите втулки трябва да отговарят на следните изисквания:

- а) да имат минимална деформация на стените;
- б) да имат висока износоустойчивост;
- в) да осигуряват добро уплътняване на охладителната риза;
- г) да имат проста технология за изработка и монтаж

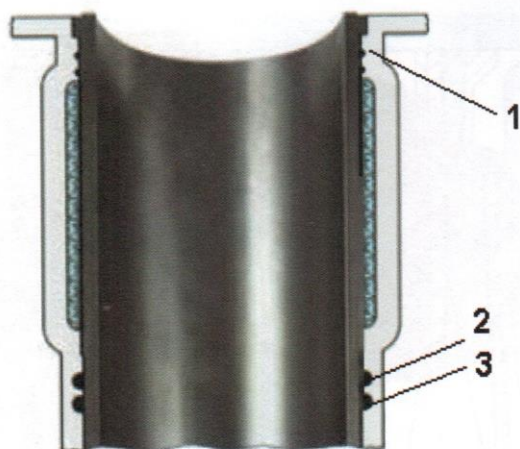
В зависимост от контакта им с охлаждащата течност цилиндровите втулки биват мокри и сухи.

*Мокрите цилиндри втулки* са сменяеми и имат непосредствен контакт с охлаждащата среда (фиг. 2.7, 2.8). Те осъществяват по-добро топлоотдаване. За получаване на по-голяма якост стените на цилиндровата втулка се изработват по-дебели, отколкото при сухите втулки.

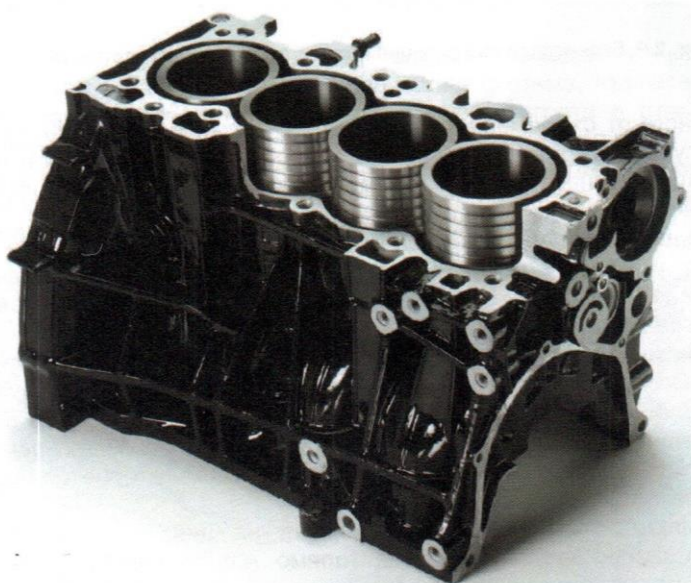
Цилиндровата втулка се монтира в цилиндровия блок върху един или два центроваци пояса 1.

В долния центровач пояс цилиндровата втулка се уплътнява, за да не преминава охлаждаща течност в картера. Това се постига чрез гугените пръстени 3, поставени в каналите 2 (фиг. 2.7).





Фиг. 2.7. Мокра цилиндрова втулка: 1-центриращи пояси; 2-канал; 3-гумени уплътнители.

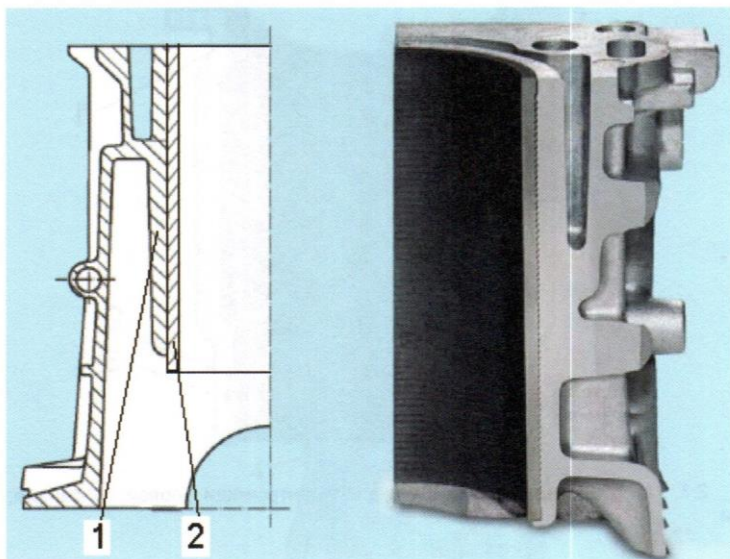


Фиг. 2.8. Блок-картер с мокри цилиндри втулки.

Сухите цилиндри втулки са набити по част от дължината на цилиндъра или по цялата му дължина (фиг. 2.9). Те нямат непосредствен контакт с охлаждащата течност. Окончателната обработка на втулките се извършва след монтирането им в цилиндъра.

В цилиндри втулки на двутактовите двигатели са пробити отвори за газообмен на двигателя.

Цилиндри втулки се изработват от легирани чугуни, стомана и алуминиеви сплави.



Фиг. 2.9. Блок-картер със суха цилиндрова втулка: 1-блок-картер; 2-суха цилиндрова втулка.

Много от съвременните двигатели с алуминиевият блок са със залети в блока „сухи“ тънкостенни втулки от износоустойчив чугун. При някои от тези конструкции горната част на втулките не е свързана с водната риза с цел избягване на температурни и силови деформации.

Съществуват и конструкции със „сухи“ втулки, които не се отливат а се пресоват и изпичат от фини гранули. При тази технология значително се увеличава легирането с алуминий и силиций, което намалява коефициента на линейно разширение на блока.

**Цилиндровата глава** затваря отгоре цилиндрите и е част от горивната камера. Основните части на главата са: корпус с канали за охладителната риза, пълнителни и изпускателни канали, горивна камера и легла за дюзите или за запалителните свещи. Към цилиндровата глава се закрепват всмукателните и изпускателните тръбопроводи и част от спомагателното оборудване на двигателя.

Цилиндровата глава е подложена на динамичното въздействие на високото газово налягане, поема голямо натоварване от предварителното затягане на силовите шпилки и от горещите газове.

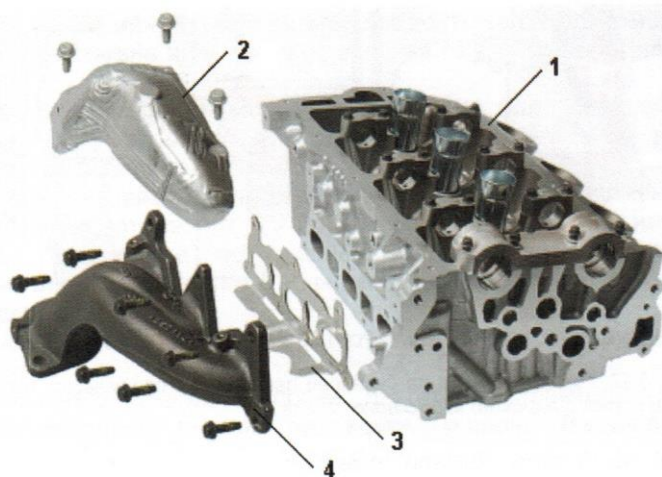
Конструкцията на главата зависи от типа на двигателя: бензинов или дизелов, с течностно или с въздушно охлаждане.

Към цилиндровите глави се поставят следните изисквания:

- а) да притежават висока якост;
- б) да притежават оптимална форма на горивната камера, която да осигурява ефективно смесообразуване и изгаряне на горивната смес;
- в) да осигурява добро охлаждане на частите, разположени в тях;
- г) да имат проста конструкция

Цилиндровата глава може да бъде обща за целия ред цилиндри (фиг. 2.10), отделна за всеки цилиндър или група цилиндри.

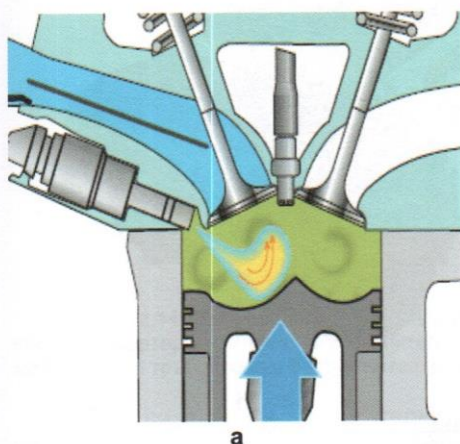




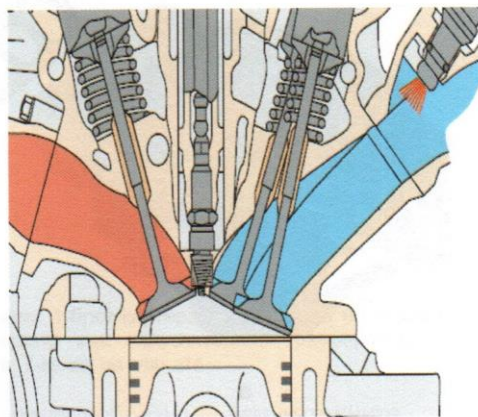
Фиг. 2.10. Обща цилиндрова глава с два разпределителни вала: 1-цилиндрова глава; 2-топлоотражател; 3-уплътнител на главата към изпускателния тръбопровод; 4-изпускателен тръбопровод (колектор).

Цилиндровата глава представлява сложна отливка, в която са разположени каналите на течностната охладителна система, пълнителният и изпускателният канал, клапаните, горивната камера, леглата и отворите за дюзите или свещите.

В двигателите с външно смесообразуване горивната камера е поместена изцяло в главата, докато при двигателите с директно впръскване на бензин отчасти в главата и отчасти в челото на буталото (фиг. 2.11).



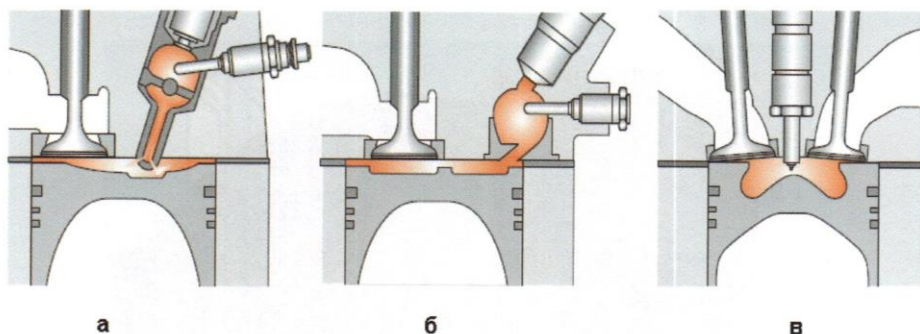
а



б

Фиг. 2.11. Горивна камера на двигатели с впръскване на бензин: а-директно впръскване в цилиндъра; б-впръскване в пълнителния тръбопровод

При дизеловите двигатели с разделени горивни камери, в главата се поместват вихрокамерите (фиг. 2.12, б) и предкамерите (Фиг. 2.12 а).

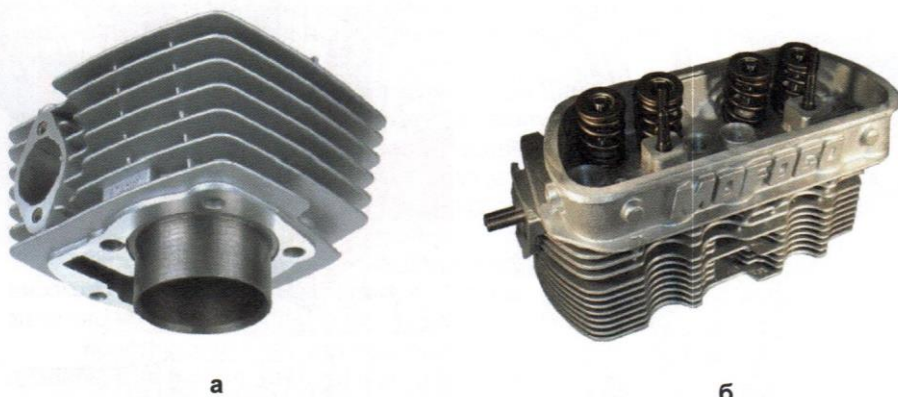


Фиг. 2.12. Горивни камери на дизелови двигатели: а-предкамера; б-вихрова камера; в-камера на двигател с директно впръскване

Във вихровите камери смесообразуването става благодарение на състения в цилиндъра и завихрен в камерата въздух. В него се впръсква горивото и работната смес се самовъзпламенява. Обемът на вихровата камера  $V_{в.к} = (0,4 \div 0,6)V_C$ , където  $V_C$  е общият обем на горивната камера.

Предкамерата има обем  $V_{пк} = (0,25 \div 0,4)V_C$ . Предкамерата има различна форма - конична, цилиндрична и др. Свързва се с основната с един или с няколко канала.

Топлинното натоварване на главата, особено на стените на горивната камера и на канала на изпускателния клапан, се намалява чрез интензивно охлаждане. При течностното охлаждане течността се подава в камерите на охладителната риза с най-висока температура. При въздушното охлаждане главата е силно оребрена (фиг. 2.13, б).



Фиг. 2.13. Корпусни части за двигател с въздушно охлаждане: а-цилиндър; б-глава

Към главата се закрепват пълнителните и изпускателните тръбопроводи. Уплътняването става чрез азбестови, метални и други уплътнители (фиг. 2.14).

Главата се закрепва към цилиндровия блок с голям брой шпилки и болтове. В някои двигатели (с въздушно охлаждане) се използват шпилки. За създаване на равномерно налягане по цялата повърхност и за да се избегне деформирането на цилиндровата глава, болтовете и шпилките се стягат по



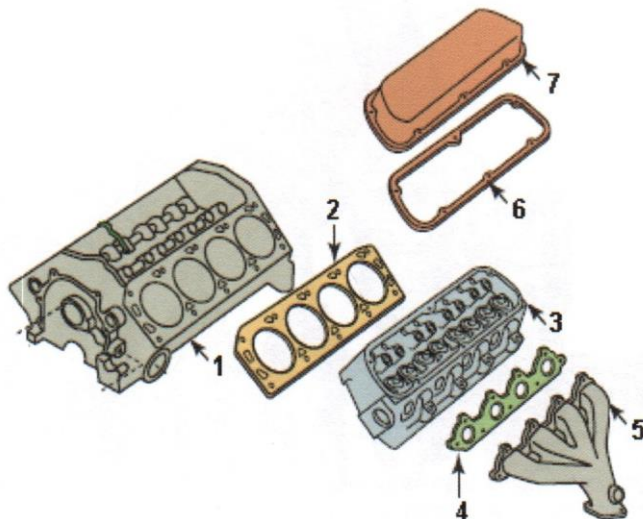
точно определен ред, а моментът на затягане се контролира с динамометричен ключ. Ако редът на стягане не е посочен, започва се от средните шпилки към крайните.

Уплътняването между главата и цилиндрият блок се постига чрез съставни пластични уплътнители 2 (фиг. 2.14) от метал (мед, алуминий, нисковъглеродна стомана и др.) или азбест.

Частите на газоразпределителния механизъм, разположени върху главата, се покриват от капака 7, добре уплътнен с гумен или корков уплътнител 6. Под капака се създават условия за омасляване на газоразпределителния механизъм. Към капака обикновено се монтира отдушник за масло.

Цилиндровите глави се изработват от сиви и легирани чугуни или от алуминиеви сплави.

В съвременните многоцилиндрови двигатели стремежът е да се използват индивидуални канали за всеки клапан. Разделянето на всмукателните канали осигурява по-равномерно разпределение на горивната смес за отделните цилиндри. Индивидуалните изпускателни канали намаляват повърхнината, умивана от горещите газове и по този начин намаляват топлоотдаването в охладителната уредба.



Фиг. 2.14. Уплътняване на цилиндрова глава: 1-блок-картер; 2-уплътнител на главата към блок-картера; 3-глава; 4-уплътнител на главата към изпускателния тръбопровод; 5-изпускателен тръбопровод; 6-уплътнител на капака; 7-капак на главата

В дизеловите двигатели е целесъобразно всмукателните и изпускателните канали да се разположат в различни страни на главата, за да се избегне нагряването на постъпващия в цилиндрите въздух. В бензиновите двигатели обикновено всмукателният и изпускателният колектор се разполагат от една и съща страна на двигателя. По този начин топлината на отработилите газове се използва за нагряване и изпарение на прясната бензино-въздушна смес.

## 2.2. Коляно-мотовилков механизъм

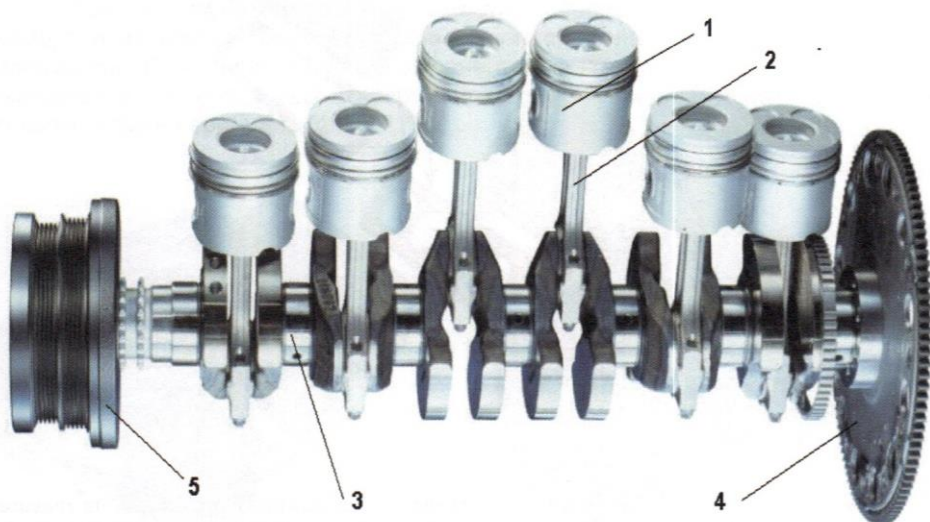
Основните механизми в двигателя с вътрешно горене са коляно-мотовилковият, газоразпределителният, механизмите за задвижване на спомагателните агрегати и системи и механизмът за уравновесяване на двигателя.

Чрез отделни механизми се задвижват горивонагнетателната помпа, вентилаторът, токоразпределителят и др.

В някои двигатели инерционните сили от първи и втори порядък се уравновесяват със специален механизъм (система „Ланчестер“). Той представлява система от валове и противотежести, въртящи се синхронно с коляновия вал и създаващи центробежни сили, които уравновесяват инерционните сили.

Коляно-мотовилковият механизъм (фиг. 2.15) служи за превръщане на праволинейно-възвратното движение на буталото, от действието на газовите сили във въртливо движение на коляновия вал. От коляновия вал се предава движението за задвижване на трансмисията и ходовата част на транспортните средства.

Коляно-мотовилковият механизъм се състои от следните групи: бутална 1, мотовилкова 2, колянов вал 3, маховик 4 и демпфер 5 (фиг. 2.15).

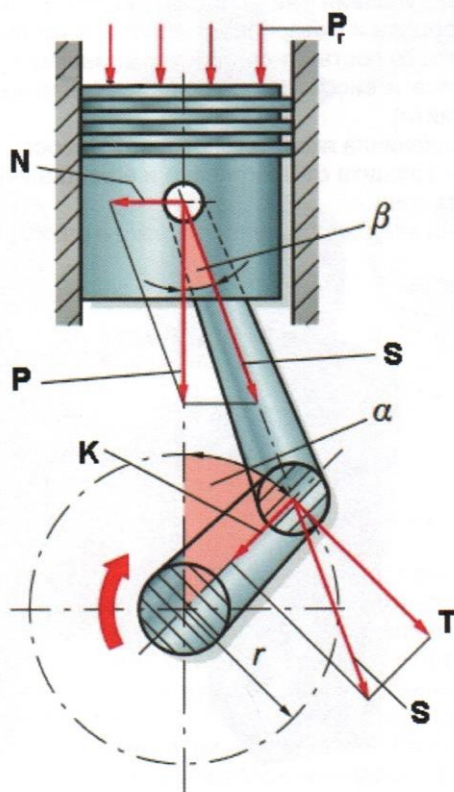


Фиг. 2.15. Коляно-мотовилков механизъм: 1-бутална група; 2-мотовилкова група; 3-колянов вал; 4-маховик; 5- демпфер

На коляно-мотовилковия механизъм действат газовите и инерционните сили. Газовата сила  $P_g$  се поражда от налягането на газовете в цилиндъра, които действат върху челото на буталото (фиг. 2.16). От праволинейно-възвратно движещите се маси възникват инерционни сили, насочени по оста на



цилиндъра  $P_j$ . Сумарната сила  $P = P_e + P_j$  се приема, че действа в оста на буталния болт. Сумарната сила  $P$  се разлага на две сили: силата  $S$ , действаща по оста на мотовилката, и силата  $N$  (нормалната сила), насочена перпендикулярно на стената на цилиндъра.



Фиг. 2.16. Сили, действащи в коляно-мотовилковия механизъм.

Силата  $S$ , плъзната по оста на мотовилковата шийка, се разлага на две съставляващи сили: тангенциалната сила  $T$  и радиално насочената сила  $K$ . Силата  $T$  създава въртящия момент на двигателя  $M$ , а силата  $K$ , пренесена в оста на колянвия вал, натоварва основните лагери. Тези сили и моменти са променливи.

### 2.2.1. Бутална група

Буталната група включва следните основни части: бутало, уплътнителни пръстени; маслени пръстени; бутален болт и устройство за осово осигуряване на буталния болт. Тя поема налягането от газовете в цилиндъра и чрез мотовилката го предава на колянвия вал.

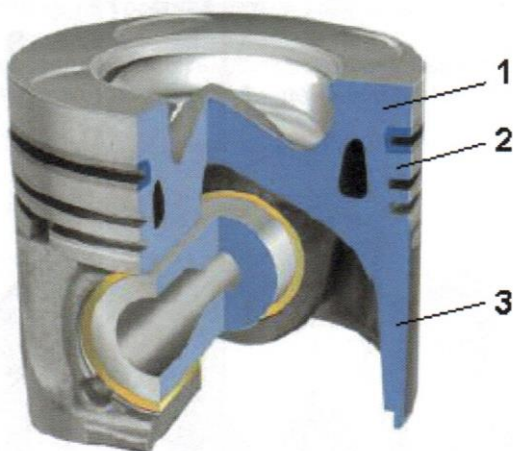
Буталната група уплътнява горивната камера и поема част от топлината, получена при изгаряне на горивото. Тя предава нормалната сила на стените на цилиндъра. В двутактовите двигатели играе ролята и на газоразпределителен

шибър.

**Буталото** (фиг. 2.17) е една от най-натоварените в термично отношение част на двигателя. То работи в условията на лошо смазване и динамични натоварвания. Поради високите температури и лошите условия на мазане работната повърхност на буталото се износва механично, абразивно и корозионно. Тези условия на работа поставят високи изисквания към конструкцията, формата и материала, от които се изработват буталата.

Към буталата се поставят следните изисквания:

- а) малка маса и висока неподатливост (за намаляване на инерционите сили и деформациите)
- б) висока механична якост и изнosoустойчивост
- в) ефективна защита от прегряване и ефективно отвеждане на топлината от силно нагретите зони
- г) минимални загуби от триене при малък разход на масло



Фиг. 2.17. Бутало: 1-чело; 2-уплътняваща част; 3-направляваща част

Буталото се състои от три основни части: чело 1, уплътняваща част 2 и направляваща част 3.

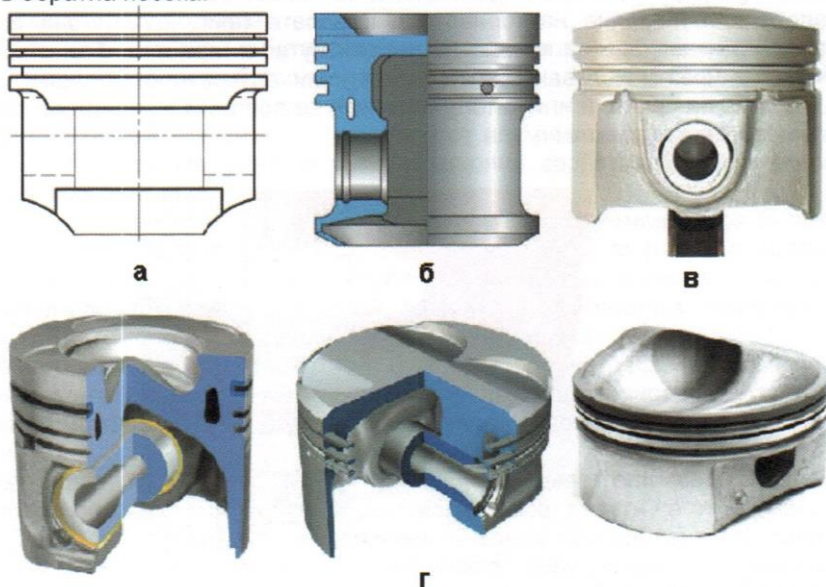
Челото на буталото е най-натоварената в топлинно отношение част. Формата на челото се определя от вида на горивната камера и от процеса на смесообразуване, от конструктивни и от якостни съображения. На фиг. 2.18 са показани различни форми на челото на буталото.

Най-голямо разпространение в карбураторните двигатели са намерили буталата с плоско чело (фиг. 2.18, а). Те се отличават с проста конструкция и компактност на горивната камера. Буталата с изпъкнало чело се отличават с висока якост, а буталата с вдлъбнато чело (фиг. 2.18, б) - с компактност на горивната камера. Бутала с фасонни чела (фиг. 2.18, г) се използват в дизеловите, двутактовите и двигатели с директно впръскване с цел подобряване условията за протичане на горивния процес и на газообмена.

Уплътняващата част на буталото служи да уплътни горивната камера, като предотвратява преминаването на горивна смес и газове в картера и на

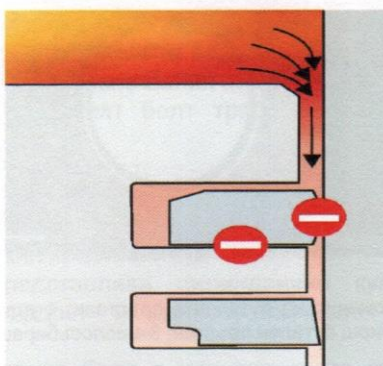


масло в обратна посока.



Фиг. 2.18. Чело на бутало: а-плоско чело; б-вдлъбнато; в-изпъкнало; г-фасонно

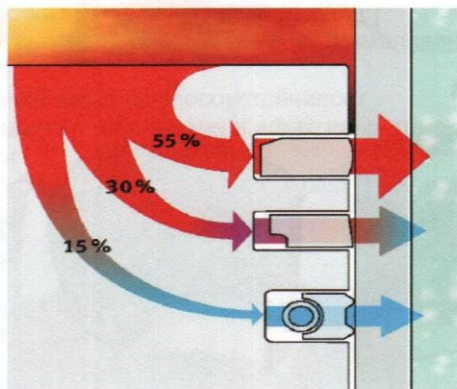
В уплътняващата част на буталото се намират каналите, в които са разположени буталните пръстени. Уплътняването на горивната камера е на основата на салниковото и лабиринтното уплътнение. Салниковото уплътнение (триене между две повърхнини) се осъществява между челната повърхнина на буталните пръстени и стените на цилиндъра. Чрез промяна на посоката на газовия поток и преминаването му в пространствата над, зад и под буталните пръстени, при което пада налягането на газовете (лабиринтно уплътнение), количеството газове, което преминава в картера, намалява (фиг. 2.19).



Фиг. 2.19. Уплътнение на горивната камера

Уплътняващата част е подложена на голямо топлинно натоварване. Чрез

нея се предава основното количество топлина, възприето от челото на буталото при изгаряне на горивото в камерата (фиг. 2.20). Това води до интензивно износване на канала на първия бутален пръстен. Този процес се ограничава чрез използване на надевтектични алуминиеви сплави с високо съдържание на силиций или като пръстените се поставят в канали от легирани чугуни, залети в буталото.



Фиг. 2.20. Топлинно натоварване на буталните пръстени.

Уплътнителните пръстени за бензиновите двигатели са от два до три, а за дизелови двигатели от три до четири.

В уплътняващата част обикновено се монтират и маслосъбирателните пръстени (фиг. 2.21).



Фиг. 2.21. Разположение на буталните пръстени; 1-уплътнителен бутален пръстен; 2-уплътнителен и маслосъбирателен бутален пръстен; 3-маслосъбирач бутален пръстен.

С направляващата част на буталото (фиг. 2.17) се предава на стените на цилиндъра нормалната сила. В направляващата част се разполагат отворите за буталния болт.

За да се олекоти буталото, материалът от ония участъци от



направляващата част, с които не се предава нормалната сила (около отворите за буталния болт), се отнема.

Вътрешните стени на буталото, леглата за буталния болт и вътрешната страна на челото на буталото се оребряват. С това се подобрява топлоотдаването и се повишава якостта на буталото.

Буталата се изработват от чугун или от алуминиеви сплави. Чугунените бутала имат по-голяма якост и антифрикционни свойства, а алуминиевите бутала са с по-малка маса.

Под действие на нормалната сила и на високата температура буталото се деформира. Затова то се изработва с елипсовидна форма и с по-малък диаметър в челото и се монтира с хлабина в цилиндъра. Малката ос на овала се разполага по оста на буталния болт. За алуминиеви бутала хлабината е по-голяма, тъй като топлинните деформации са по-големи.

Много важно е сработването на буталото с цилиндъра. За подобряване условията за протичане на този процес направляващата част на буталото се покрива с материали с добри антифрикционни свойства: калай, графитни покрития и др.

Буталата за бензиновите и дизеловите двигатели се различават. Буталата за бензиновите двигатели са с малка маса, отлети са от алуминиева сплав. Тъй като алуминият се отличава с голям коефициент на линейно разширение, за компенсация на топлинните деформации се използват различни конструктивни методи: прорези в полата на буталото и биметални бутала с компенсационни пластини, залети в направляващата част. Пластините се изработват от инвар и нисковъглеродна стомана с малък коефициент на линейно разширение, с което се възпрепятства деформирането на буталото и се повишават неговите якостни свойства.

Буталата за дизелови двигатели се отличават с масивна конструкция на направляващата част, дебело чело, в което е разположена част или цялата горивна камера. В този случай топлинното натоварване е високо и се налага допълнително охлаждане, с разпръскване от дюзи масло по вътрешната част на челото на буталото.

Буталата за дизелови двигатели се изработват от чугун или алуминиеви сплави.

**Буталният болт** свързва шарнирно буталото с мотовилката. Буталният болт е натоварен знакопроменливо от газовите и инерционните сили, топлинно и от силите на триене. При двутактовите двигатели натоварването му е почти пулсиращо. Това поставя високи изисквания към конструкцията и материалите, от които се изработва. Буталният болт трябва да отговаря на следните изисквания:

- а) висока якост и неподатливост;
- б) висока износоустойчивост;
- в) минимална маса;
- г) минимални монтажни хлабини и др.

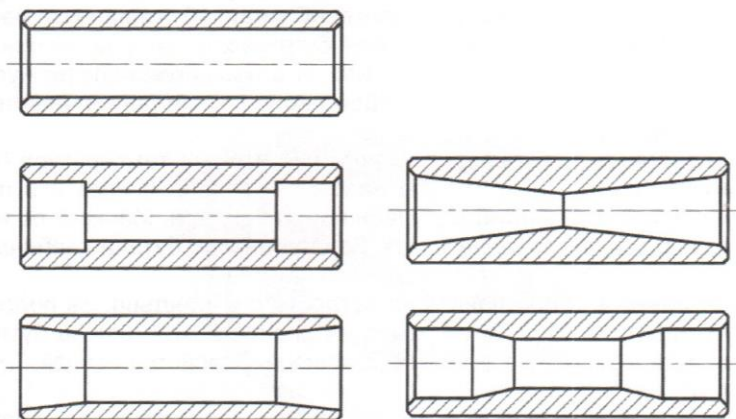
Буталният болт представлява цилиндрично кухо тяло с жилава сърцевина и висока твърдост и износоустойчивост на цилиндричната повърхнина (фиг. 2.22).

Смазването на буталния болт в мотовилковата втулка и в леглата в буталото става чрез разпръскване на масло в подбуталното пространство.

В зависимост от начина на монтаж на буталния болт към буталото и мотовилката, се различават следните случаи:

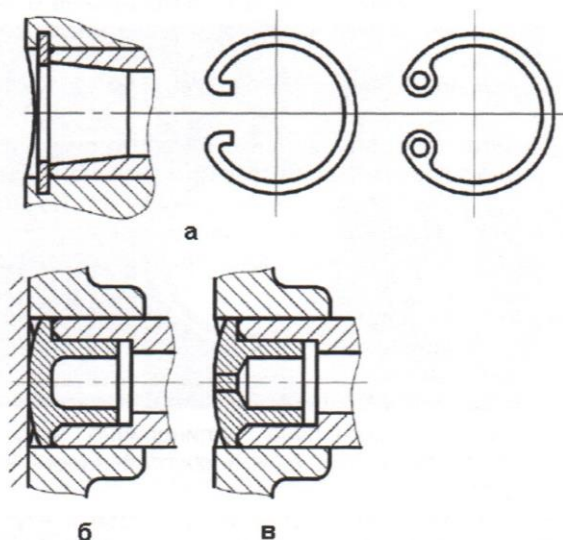
- буталният болт е неподвижен на буталото и подвижен в мотовилката;

- буталният болт е подвижен в буталото и неподвижен в мотовилката;
- буталният болт е подвижен и в буталото и в мотовилката (плаващ).



Фиг. 2.22. Конструкции бутални болтове.

Плаващите болтове са намерили най-широко приложение в автотракторните двигатели. Тези болтове се износват равномерно, тъй като в процеса на работа се превъртват около надлъжната си ос. В същото време има възможност за осово преместване, което се осигурява посредством пружинни пръстени (фиг. 2.23 а) и алуминиеви тапи (фиг. 2.23 б, в). Плаващият бутален болт се монтира в отворите на буталото с определена стегнатост, при която в работно състояние (загрят двигател) хлабината достига желаната стойност.



Фиг. 2.23. Осово осигуряване на буталния болт: а-чрез пружиниращ пръстен; б, в-тапи.

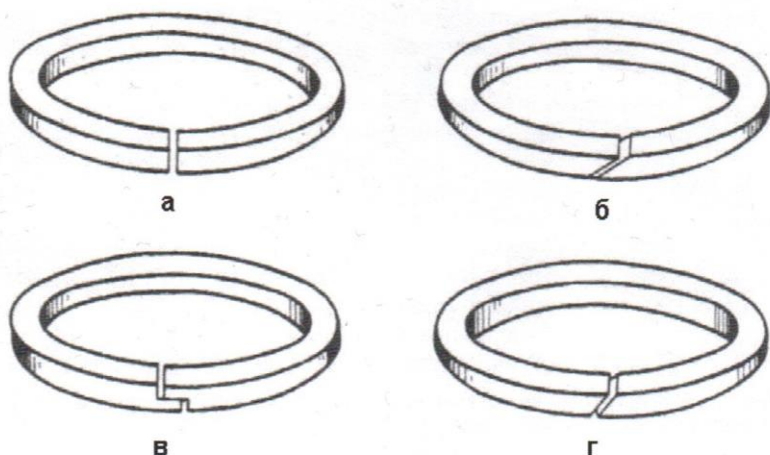
Буталните болтове се изработват от стомана 20, 30, 45 и легирани



стомани. Повърхностният слой на болта се подлага на термична или химикотермична обработка за постигане на необходимата износоустойчивост.

**Буталните пръстени** биват уплътнителни и маслосъбиращи. Първите служат да уплътнят цилиндровото пространство, а вторите - да събират излишното масло, попаднало по стените на цилиндъра, и да го връщат в картера.

Буталният пръстен представлява пружиниращ цилиндричен разрязан елемент (фиг. 2.24). Прорезът на буталния пръстен се нарича ключ.



Фиг. 2.24. Бутални пръстени: а-с прав прорез; б, г-със скосен прорез; в-със степенен прорез.

Прорезът на пръстена може да е прав, скосен или степенен. При двутактовите двигатели в областта на прореза се поставя фиксатор, за да не попаднат краищата на пръстена в отворите на цилиндъра. Хлабината в прореза на буталните пръстени е  $0,2+0,7$  mm.

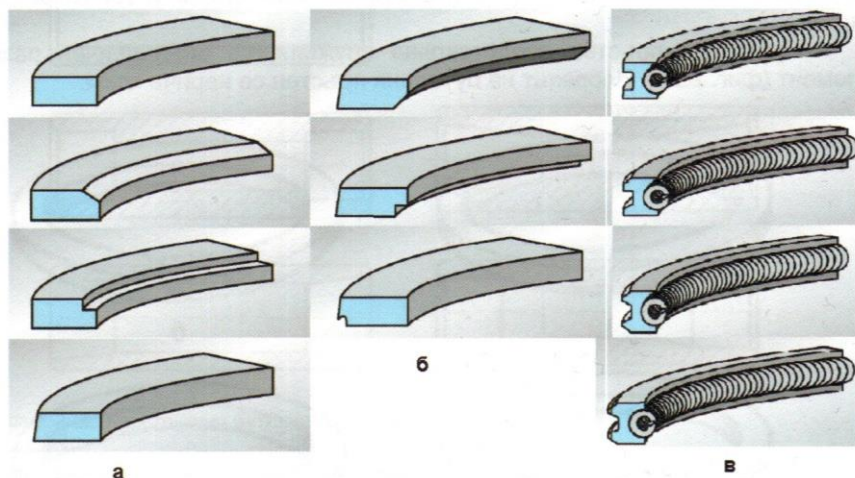
Най ефективен по отношение на непропускане на газове е степенният срез.

Уплътнителните пръстени работят при тежки условия: висока температура, лошо смазване и променливи сили. Чрез пръстените се отдава около 60% от общото количество топлина, получена при процеса горене, а около 50+60% от механичните загуби в двигателя (от триенето) се падат на бутало-цилиндровата група.

При най-тежки условия работи първи уплътнителен пръстен. За намаляване на износването му той се хромира, докато останалите се калайдисват за подобряването на сработването им с цилиндъра. Пръстените се изработват с променлив радиус на кривина в свободно състояние. При монтирането им в цилиндъра приемат кръгла форма, като същевременно се притискат към стените на цилиндъра с определено налягане, което е най-голямо в прореза.

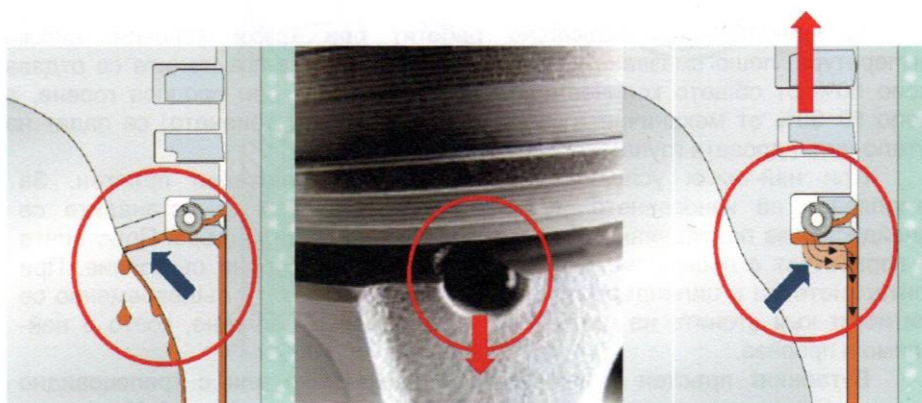
Буталният пръстен е най-често с правоъгълно или с трапецовидно сечение. Пръстените с цилиндрична външна повърхнина (фиг. 2.25 а) имат проста технология на изработване. Пръстените с конусна външна повърхнина (фиг. 2.25 б), поради малката си работна повърхнина, се сработват бързо. Конусните пръстени не се използват като първи.

Под действие на газовите сили върху вътрешната конусна повърхнина на трапецовидните и клиновидните пръстени се появява радиална сила, която притиска пръстените към стените на цилиндъра. Използват се и съставни пръстени с пружиниращи елементи (фиг. 2.25в).



Фиг. 2.25. Конструкции на бутални пръстени: а-с цилиндрична външна повърхнина; б-с конусна външна повърхнина; в-съставни.

При работа на буталото уплътнителните пръстени се притискат последователно в горната и долната стена на канала. Така се изпомпва маслото, което е попаднало по стените на цилиндъра, в горивната камера, където изгаря. Този ефект от уплътнителните пръстени се отстранява от *маслосъбиращите пръстени*. Използват се дренажни пръстени (фиг. 2.26), които са прорязани, и през канали в буталото събраното от тях масло се връща в подбуталното пространство.



Фиг. 2.26. Работа на маслосъбиращите пръстени.

Пръстените с остър ръб се наричат стъргателни и обикновено се



поставят по два в един канал, с което се повишава ефективността от работата им. Съществуват и други конструкции пръстени - съставни, биметални и др.

Пръстените се изработват от чугун с повишено съдържание на фосфор и легирани с хром, никел и други елементи. Твърдостта на буталните пръстени е по-голяма от твърдостта на цилиндровата втулка.

### 2.2.2. Мотовилкова група

Мотовилковата група е предназначена да превръща възвратно-постъпателно движение на буталото във въртливо движение на колянвия вал. Тя е подложена на променливо натоварване от газовите и инерционните сили.

Към мотовилковата група се поставят следните изисквания:

а) да притежават висока якост и коравина, които да осигуряват надеждна работа без деформации и разрушаване;

б) да има минимални габарити, маса и да преминава през цилиндъра;

в) да притежава висока изнosoустойчивост и надеждност на мотовилковите лагери и др.

Мотовилковата група се състои от следните елементи: мотовилка, втулка, лагерни черупки, болтове, гайки и осигуряващи части.

Мотовилката свързва буталото с колянвия вал и под действие на газовите сили извършва сложно равнинно движение (фиг. 2.27).



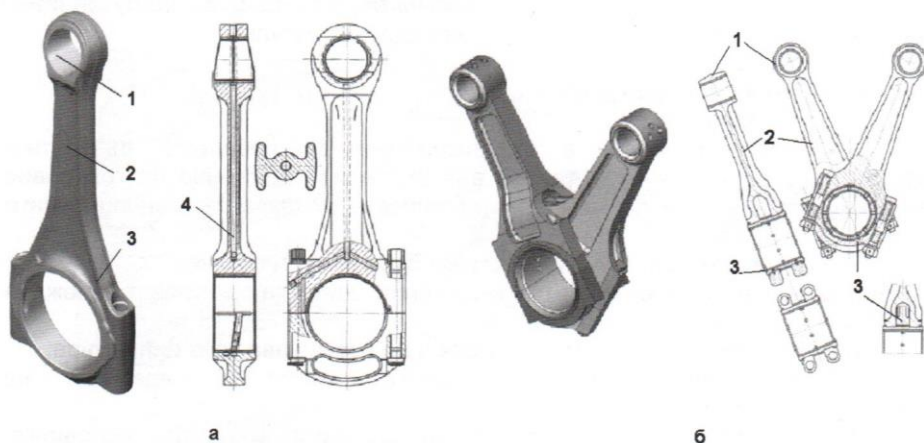
Фиг. 2.27. Мотовилка, свързана с бутало и колянвал: 1-бутало; 2-мотовилка; 3-колянвал.

Мотовилките за автотракторните двигатели се делят на следните групи:

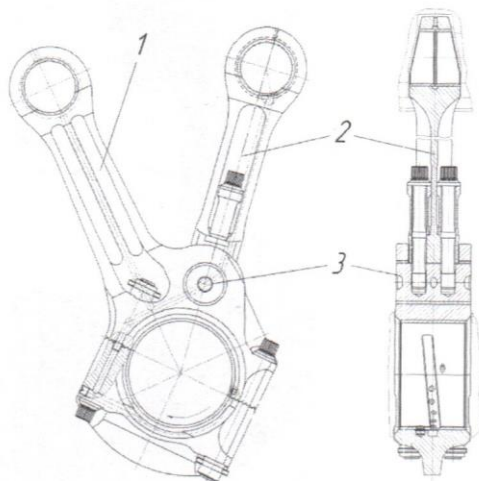
а) мотовилка за едноредови и V-образни двигатели с последователно разположени мотовилки (фиг. 2.28 а и б);

б) мотовилки за V-образни двигатели с присъединена мотовилка (фиг. 2.29);

Мотовилката се състои от горна глава 1, стъбло 2 и долна глава 3 (фиг. 2.28).



Фиг. 2.28. Мотовилки за едноредови и V-образни двигатели: а-за едноредов двигател с двойно I-образно сечение, с канал за смазване и с перпендикулярно поставена долна глава; б-за V-образен двигател с двойно I-образно сечение; 1-глава; 2-стъбло; 3-долна глава; 4-канал за масло.

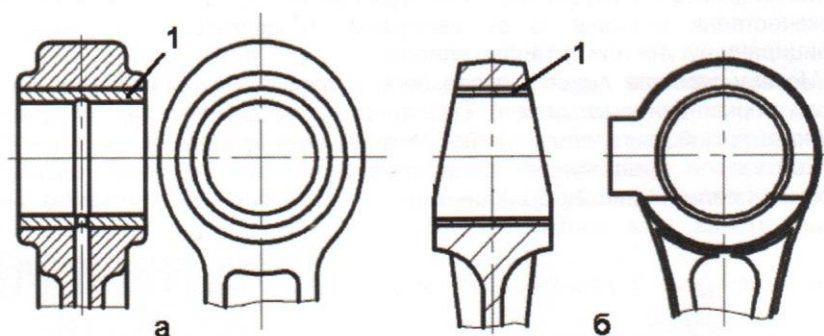


Фиг. 2.29. Присъединени мотовилки за V-образен двигател: 1-главна мотовилка; 2-присъединена мотовилка; 3-палец на присъединената мотовилка.

Горната глава се изработва неразглобяема и конструкцията ѝ зависи от начина на закрепване на буталния болт. Тя е цилиндрична (фиг. 2.30 а) или с форма на пресечен конус (фиг. 2.30 б). В нея се монтира втулката 1, най-често изработена от бронз. При неподвижен бутален болт горната глава е разрязана и се стяга чрез болт. Бронзовата втулка се смазва през прорези и канали в



горната глава, в които попадат капки масло чрез плискане или принудително от маслото, подадено по канала 4 в стъблото на мотовилката (фиг. 2.28).

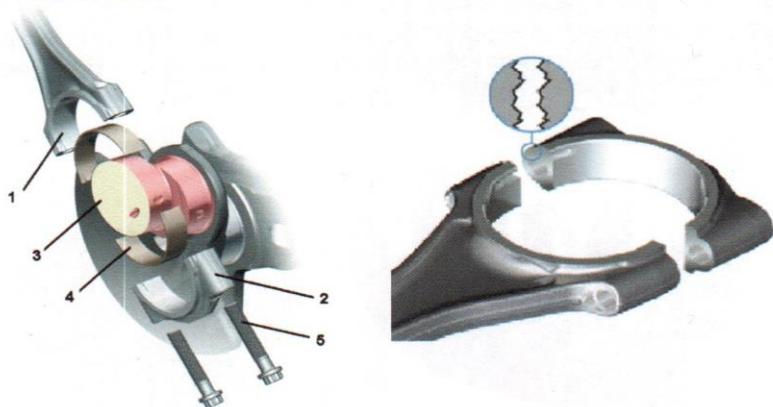


Фиг. 2.30. Горна глава на мотовилката: а-цилиндрична; б-с форма на пресечен конус; 1-бронзова втулка.

Стъблото се свързва с горната и долната глава посредством плавни преходи с голям радиус на закръгление. Напречното сечение на стъблото се избира така, че да осигурява голяма коравина - двойно П-образно, кръгло и др.

Долната глава свързва шарнирно мотовилката с мотовилковата шийка на коляното и се изработва най-често разглобяема. Само при разглобяеми колянови валове долната глава може да бъде цяла. Равнината на разделяне на долната глава е перпендикулярна на оста на мотовилката или под ъгъл 30, 45 или 60°. Долната глава се изработва с такива размери, че да може мотовилката да преминава през цилиндъра.

Капакът 2 (фиг. 2.31) на долната глава се прави масивен, добре оребрен, с малка податливост.



Фиг. 2.31. Свързване на мотовилката към коляновия вал: 1-долна глава на мотовилката; 2-капак за долната глава; 3-мотовилкова шийка; 4-черупка на плъзгащ лагер; 5-мотовилкови болтове.

Броят на болтовете, за монтаж на капака, е от два до шест. Капакът се центрова към мотовилката чрез щифтове, триъгълни шлицы, стъпаловидни повърхнини, пасвани болтове 5 и др. Болтовете се осигуряват против

саморазвиване с шплинтове, тел, деформиращи се подложни шайби, деформиращи се гайки и др.

Мотовилките се изработват чрез щамповане, изковаване или лееие от висококачествени стомани, а за карбураторни двигатели се отливат от модифицирани чугуни или титанови сплави.

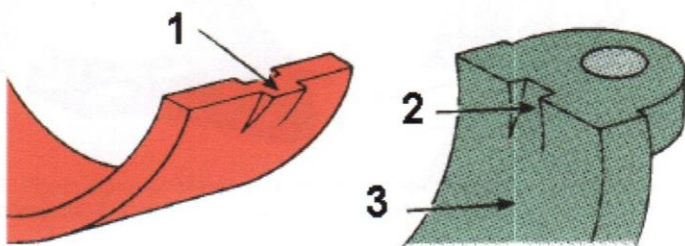
Мотовилковите лагери, използвани в автотракторните двигатели, се делят на търкалящи и плъзгащи. Търкалящите лагери намират приложение при малолитражни двигатели с разглобяеми колянови валове.

По-голямо приложение в двигателите са намерили плъзгащи мотовилкови лагери (фиг. 2.32).



Фиг. 2.32. Лагерни черупки на плъзгащ лагер.

Те се делят тънкостенни и дебелостенни. Тънкостенните се състоят от две стоманени черупки, покрити с антифрикционна сплав (60-70% Al и 30-40% Sn-калай и Pb-олово). Дебелината на стоманената лента е  $1+2$  mm, а дебелината на антифрикционния слой е  $0,2+0,5$  mm. Лагерните черупки се фиксират в долната глава на мотовилката чрез щамповани издатъци, щифтове и др., с което се осигурява черупката против превъртане (фиг. 2.33).



Фиг. 2.33. Лагерна черупка с фиксатори: 1-щампован издатък в лагерната черупка; 2-щампована вдлъбнатина в капак на долната глава; 3-капак на долната глава.

Дебелостенните лагери са намерили приложение при дизелови двигатели с голяма мощност.



Нормалната работа на лагера зависи от количеството и налягането на подаваното масло, от геометричната форма и от качеството на обработената повърхнина на лагера.

### 2.2.3. Колянов вал

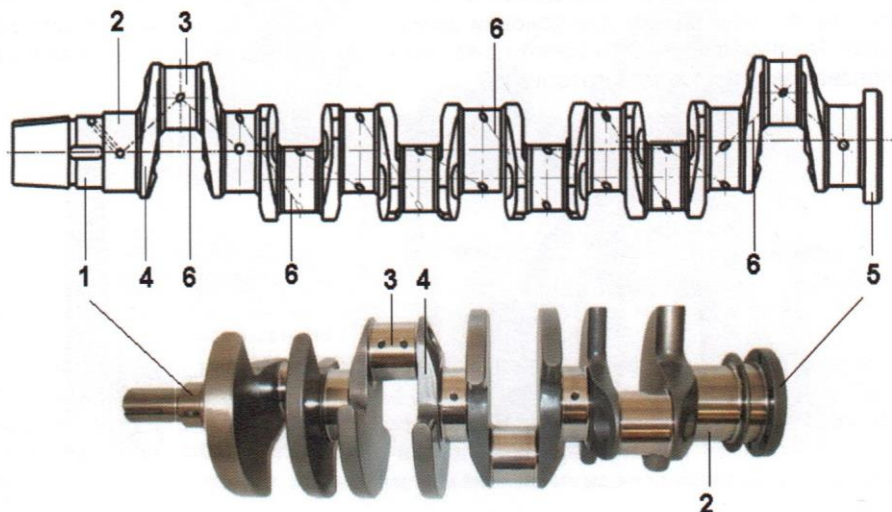
Коляновият вал служи да събере и отведе към трансмисията на резултатния въртящ момент, за усигори задвижване на спомагателните механизми и агрегати в двигателя. Той е една от най-натоварените в динамично отношение части на двигателя. Под действие на променливите сили и моменти в него възникват напрежения на усукване, огъване и еластични трептения. Затова се поставят високи изисквания към конструкцията и материалите, от които е изработен:

а) голяма якост, коравина и износуустийчивост при малка маса и габарити;

б) голяма уравновесеност с цел отстраняване създаването на допълнителни центробежни сили и моменти, които натоварват вала и опорите му;

в) голяма прецизност в оразмеряването на основните и мотовилковите шийки и на разстоянията между отделните колена

Коляновите валове са сглобяеми и цели. Сглобяемите колянови валове се използват сравнително рядко при автотракторните двигатели. Те се състоят от отделни елементи, които се сглобяват помежду си с болтове. Лагеруват на търкалящи лагери. Целите колянови валове са щамповани или отлети като монолитно тяло (фиг. 2.34). Те притежават по-висока якост.

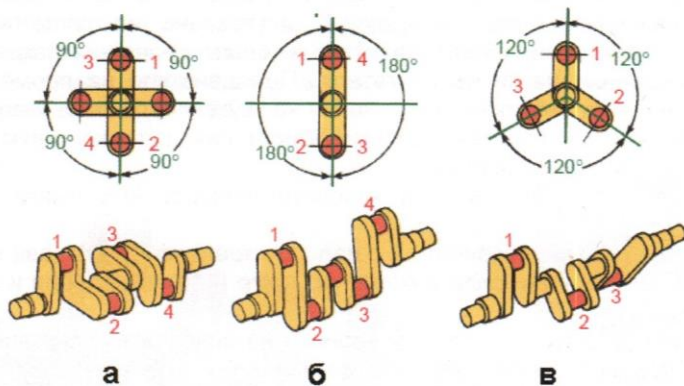


Фиг. 2.34. Колянов вал: 1-преден край; 2-основни шийки; 3-мотовилкови шийки; 4-рамена; 5-фланец (задан край); 6-каналы за подаване на масло.

Коляновият вал се състои от : основни 2 и мотовилкови 3 шийки, рамена 4, фланец 5 (задан край), на който се закрепва маховикът.

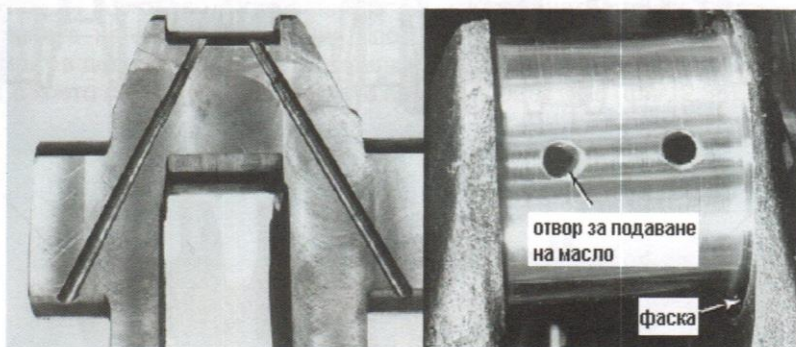
Броят и разположението на шийките зависят от броя на цилиндрите,

вида на лагерите, конструкцията на блок-картера и др. Колената могат да лежат в една равнина (фиг. 2.35) (когато са разположени под ъгъл  $180^\circ$ ) и в пространството (под ъгъл  $90^\circ$  и  $120^\circ$ ). Ъгълът между колената се определя от условието на равномерно редуване на работните процеси - за четиритактови двигатели е  $720^\circ/i$ , за двутактови е  $360^\circ/i$  ( $i$  е броят на цилиндрите).



Фиг. 2.35. Разположение на колената на колянвия вал: а-разположение на  $90^\circ$ ; б-разположение на  $180^\circ$ ; в- разположение на  $120^\circ$ .

Когато една мотовилкова шийка се намира между две основни шийки, колянвият вал е пълноопорен. Такива валове се използват в натоварени дизелови двигатели. При бензиновите двигатели се използват непълноопорни колянви валове- между две основни шийки са разположени две мотовилкови шийки. Такива колена притежават по-малка якост, затова този тип валове не се използват за дизелови двигатели.



Фиг. 2.36. Канали и отвори за подаване на масло в колянвия вал.

Основните и мотовилковите шийки, чрез рамена с плавни преходи се свързват в колена. Обикновено основните шийки са с по-голям диаметър от мотовилковите шийки. През основните шийки и рамената са прокарани каналите (фиг. 2.36), по които се подава масло от основния лагер към кухината в мотовилковата шийка, а оттам към мотовилковия лагер. В кухините на мотовилковата шийка става центробежно почистване на маслото.

Формата на рамената трябва да осигурява необходимата якост, без да



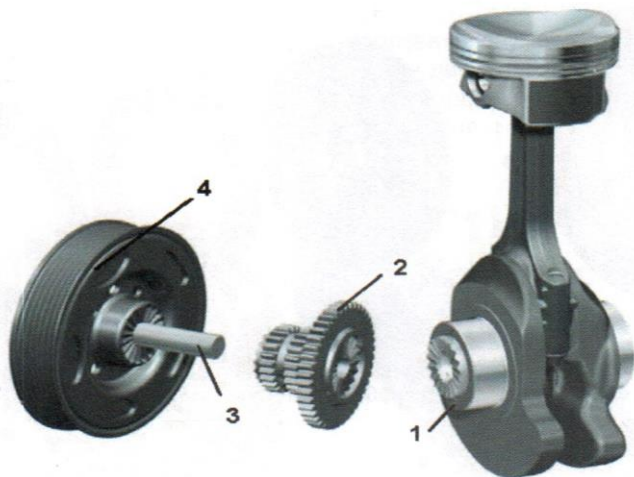
има концентратори на напрежения. Върху удължените части на колената се монтират противотежестите (метални маси), които служат да урівновесяват центробежните сили, възникнали в коляно-мотовилковия механизъм.

Върху предния край на коляновия вал 1 (фиг. 2.37) се разполага зъбното колело 2 (верижното зъбно колело) за задвижване на разпределителния вал и маслената помпа и ремъчните шайби 4 за задвижване на вентилатор, генератор и др.. Ако двигателят има демпфер, той се монтира в предния край на вала или е вграден в ремъчната шайба (фиг. 2.37).

Уплътняването на предния край на коляновия вал, спрямо картера, се постига с уплътнения маншетен тип и маслоотражателни шайби.

Задният край на вала (фиг. 2.34) завършва с фланец 5 или е подходящо оформен за закрепване маховика на двигателя (конусна повърхнина, шлицы и др.).

Уплътняването на коляновия вал в този участък трябва да бъде надеждно. Осъществява се чрез гумени уплътнители, обратни резби, лабиринтно уплътнение и др.



Фиг. 2.37. Монтаж на ремъчна шайба и зъбни колела към коляновия вал: 1-колянов вал; 2-зъбно колело; 3-болт; 4-ремъчна шайба с вграден демпфер.

Коляновият вал се фиксира в осово направление. Това става чрез един от основните лагери, който е радиално-опорен. Този лагер може да бъде първият лагер, лагер в средата или последният към маховика. Радиално-опорният лагер, чрез челните си опорни повърхнини, поема осовите премествания. Осовата хлабина между вала и радиално-опорния лагер е  $0,1 \pm 0,2$  mm.

Поради високите натоварвания коляновият вал се изработва от висококачествени въглеродни и легирани стомани. Стоманените валове се получават чрез щамповане, коване или отливане. За бензинови двигатели се използват валове от висококачествени легирани чугуни, получени чрез отливане. Летите валове имат обтекаеми форми и по-малка маса.

Под действие на променливия въртящ момент в коляновия вал възникват напрежения от усукващи трептения. Особено опасни са

резонансните явления, при които напреженията могат да достигнат границата на разрушаване на материала. За да се намали амплитудата на резонансните трептения, на предния край на колянвия вал се монтират специални устройства - демпфери (гасители на усукващите трептения). В тях енергията на усукващите трептения се превръща чрез сухо или междумолекулно триене в топлина.

На фиг. 2.38 е показан демпфер за бензинов двигател, вграден в ремъчната шайба. Той се състои от ремъчна шайба (кожух) 1 и демфериращ елемент 3, който е монтиран в кожуха. Пространството между кожуха и демфериращият елемент, затворено с капак 4, е запълнено с вискозно масло, което има голям вискозитет. При равномерно въртене на колянвия вал демфериращият елемент се върти синхронно. При поява на усукващи трептения (с резонанс) демфериращият елемент започва ъглово да се отклонява (изостава или избързва спрямо шайбата), при което, вследствие силите на междумолекулно триене във вискозното масло, намалява амплитудата на трептене.



Фиг. 2.38. Демпфер: 1-ремъчна шайба; 2-канали за свързване на ремъка; 3-демфериращ елемент; 4-капак; 5-болт, 6-противотежест към колянвия вал.

## 2.2.4. Маховик

Маховикът (фиг. 2.39) се монтира в задния край на колянвия вал. Осигурява равномерно въртене на колянвия вал, облекчава първоначалното пускане на двигателя и потеглянето на транспортното средство от място благодарение на натрупаната кинетична енергия в маховика по време на положителния въртящ момент, която се отдава на вала, когато въртящият момент се окаже по-малък от съпротивителния. Той обикновено е част от съединителя на трансмисията на трактора и автомобила.

Маховикът представлява цилиндрична маса, отлята от чугун или стомана, която има определен инерционен момент (фиг. 2.39). Размерите на маховика зависят от броя на цилиндрите, от честотата на въртене и от предназначението на двигателя. За многоцилиндрови двигатели, предназначени за автомобили, инерционният момент на маховика е по-малък, отколкото за двигатели със същата мощност, предназначени за трактори. Върху маховика се поставя зъбният венец, за първоначалното пускане на двигателя, с електростартер и различни знаци за центровка. В някои случаи маховата маса е комбинирана с вентилатора за въздушно охлаждане, динамо-



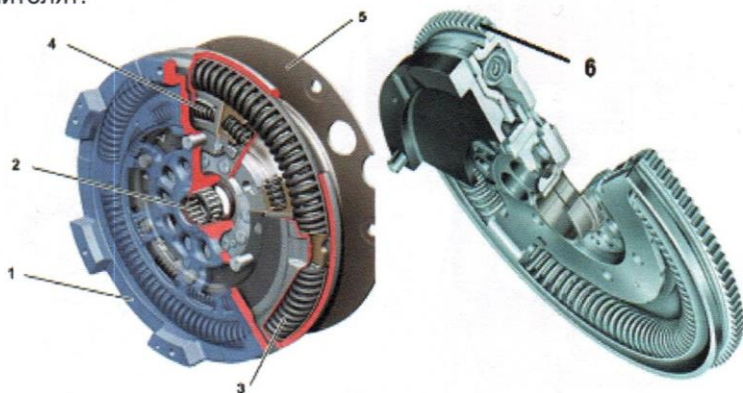
магнета и други ротационно движещи се части на двигателя.



Фиг. 2.39. Конструкция на маховик

Маховикът, заедно с коляновия вал, се балансира динамично на специален стенд.

В съвременните двигатели се използват двумасови маховици. Конструктивно двумасовия маховик е разделен на два корпуса (фиг. 2.40). На първия корпус е разположен зъбния венец 6 за зацепване на стартера. Този корпус е монтиран към коляновия вал. Към втория корпус 1 е закрепен съединителят.



Фиг. 2.40. Конструкция на двумасов маховик: 1-корпус на маховика, свързан със съединителя; 2-лагер на маховика; 3-пружини с голяма коравина; 4-пружини с малка коравина; 5-свързваща пластина, 6-зъбен венец на стартера

Двата корпуса са свързани със радиален и аксиален лагер, които позволяват аксиално завъртане един спрямо друг. Между двата корпуса е разположена пружинна демферираща система. Вътрешните обеми са запълнени с консистентна смазка, която осигурява безпроблемна работа на пружините. Двумасовия маховик има двустепенен принцип на работа. При първата степен сработват меките пружини 4, които осигуряват равномерна работа на двигателя при пускане и спиране. При втората степен се задействат твърдите пружини 3, които намаляват вибрациите при ускоряване и номинален режим на двигателя.

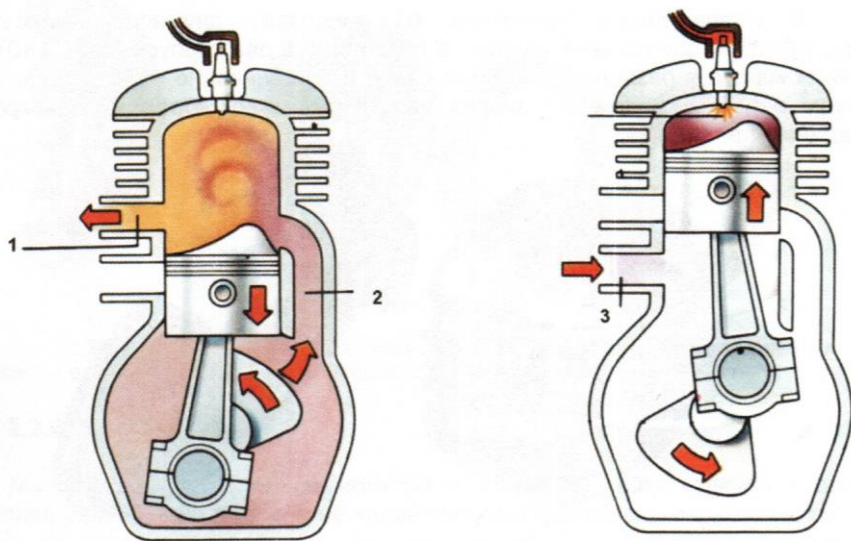
## Глава 3. Газоразпределителен механизъм

### 3.1. Общи сведения. Видове

Газоразпределителният механизъм е предназначен да свързва цилиндъра с атмосферата за своевременното му очистване от продуктите на горене и запълването с прясно работно тяло.

В газоразпределителния механизъм се включват органите за газоразпределение, механизмът за тяхното задвижване, както и пълнителните и изпускателните тръбопроводи. В зависимост от типа на газоразпределителните органи, газоразпределителният механизъм може да бъде клапанен, шибърен или смесен.

Шибърните ГРМ са намерили приложение в двутактовите бензинови двигатели. При тях най-често буталото действа като шибър (фиг. 3.1), отварящ и затварящ съответните канали за пълнене 3, продухване 2 и очистване 1 на цилиндъра от отработените газове.

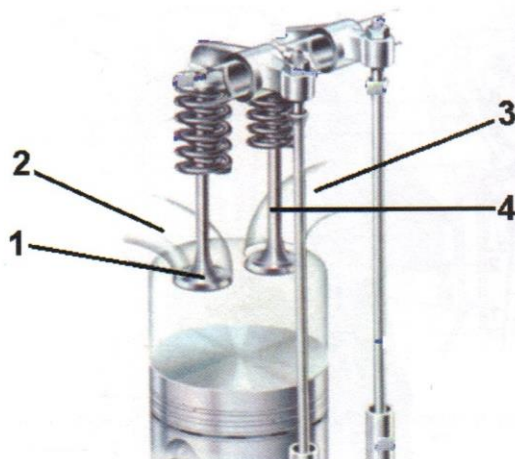


Фиг. 3.1. Шибърно газоразпределение: 1-изпускателен канал; 2-продухвателен; 3-пълнителен.

В съвременните автомобилни четиритактови двигатели се използва клапанен газоразпределителен механизъм, при който каналите свързващи цилиндъра с атмосферата за запълване с прясно работно тяло и очистване от отработените газове се затварят и отварят в определените моменти чрез клапани (фиг. 3.2). Каналите и клапаните, чрез които се осъществява запълването с прясно работно тяло се наричат пълнителни, а за очистване от продуктите на горене – изпускателни.

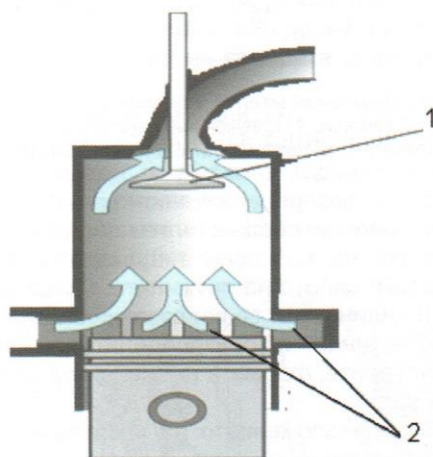
Двигателите с клапанен ГРМ имат по-добри икономически и екологични показатели поради по-съвършения газообмен и по тази причина са намерили по-широко приложение, въпреки по-високата си сложност и цена.





Фиг. 3.2. Клапанен ГРМ: 1-пълнителен клапан; 2-пълнителен канал; 3-изпускателен канал; 4-изпускателен клапан.

При двигателите със смесен ГРМ има елементи и от шибърното и от клапанното газоразпределение (фиг. 3.3).

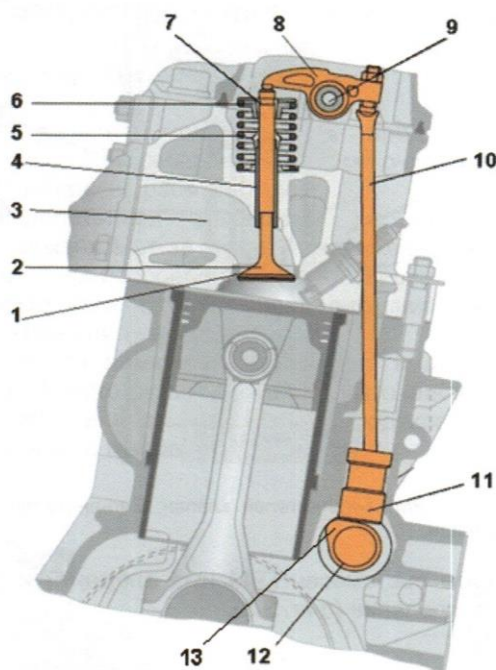


Фиг. 3.3. Двигател със смесен ГРМ: 1-клапан; 2-продухвателни канали.

### 3.2. Клапанни газоразпределителни механизми

Клапанныят ГРМ се състои от клапани 2 (фиг. 3.4), пружини 5, талерки 6, полуконуси 7, кобилици 8, монтирани на ос 9, повдигателни щанги 10, повдигачи 11 и разпределителен вал 12. Към механизма се включват още и клапанните седла 1 и водачите 4.

Пружината 5 е свързана с клапана 2 посредством талерката 6 и полуконусите 7. Чрез пружината, главата на клапана се притиска към клапанното седло 1 за затваряне на канала 3.



Фиг.3.4. Клапанен газоразпределителен механизъм: 1-клапанно седло; 2-клапан; 3-канал; 4-водач; 5-пружина; 6-талерка; 7- полуконуси; 8-кобилица; 9-ос на кобилиците; 10-повдигателна щанга; 11-повдигач; 12-разпределителен вал; 13-гърбица.

При въртенето на разпределителния вал 12 гърбицата 13 повдига повдигача 11, а чрез него и повдигателната щанга 10. При това щангата предизвиква завъртането на кобилицата 8 около оста ѝ 9, като премества клапана 2, преодолявайки силата на пружината. Главата на клапана се отделя от клапанното седло и цилиндърът се свързва чрез канала 3 с атмосферата. Конструкцията на клапанныя газоразпределителен механизъм зависи от разположението на клапаните, формата на горивната камера и разположението на разпределителния вал.

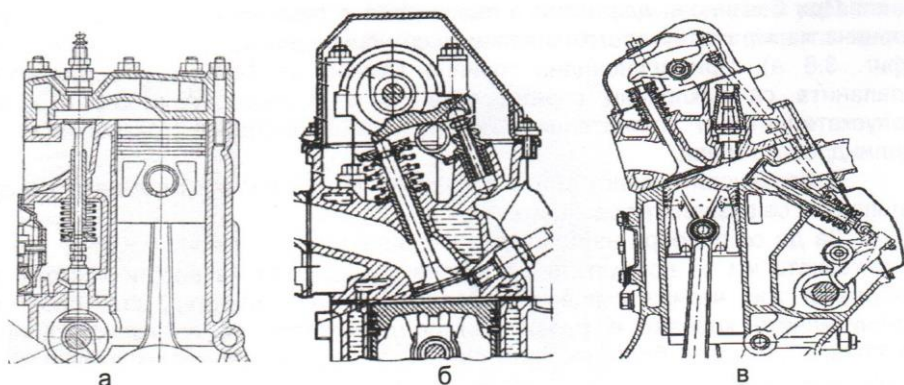
В зависимост от разположението на клапаните газоразпределителните механизми се разделят на три вида:

1. С долно разположение на клапаните (стоящи клапани) – използва се при по-стари конструкции карбураторни двигатели (фиг. 3.5 а).

2. С горно разположение на клапаните (висящи клапани) – използва се в съвременните бензинови и дизелови двигатели (Фиг. 3.5 б)

3. Със смесено разположение на клапаните (Фиг. 3.5 в) – при този тип газоразпределителен механизъм, пълнителните клапани са разположени в цилиндровата глава, а изпускателните клапани – в цилиндровия блок. Газоразпределителен механизъм от този тип се използва при бензинови двигатели за спортни автомобили, защото позволява разполагането на по-голям брой клапани.



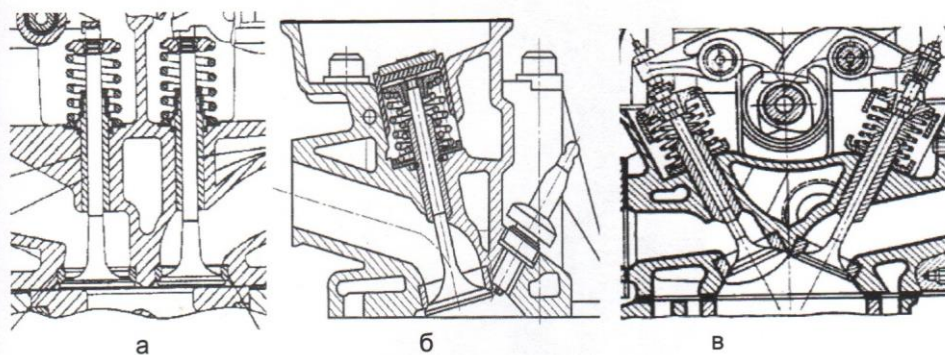


Фиг. 3.5. Разположение на клапаните: а-стоящи; б-висящи и в-смесено разположени клапани.

Дизеловите двигатели имат висока степен на сгъстяване и обемът на сгъстителното пространство е малък, поради което при тях може да се използват само газоразпределителни механизми с горно разположение на клапаните. Тези механизми се използват широко и в съвременните бензинови двигатели. Газоразпределителните механизми с долно разположение на клапаните не позволяват да се конструира компактна горивна камера, затова степента на сгъстяване при тях се ограничава до 6-7 и имат повишени топлинни загуби. Поради по-големите размери на камерата двигателите са склонни към детонационно горене.

При газоразпределителен механизъм с горно разположение на клапаните, коефициентът на пълнене е със 7-10% по-голям в сравнение с този с долно разположение, поради по-малките хидравлични съпротивления на пълнителната и изпускателната система.

Разположението на клапаните в механизмите с висящи клапани зависи от формата на горивната камера (фиг. 3.6 ):



Фиг. 3.6. Варианти на горно разположение на клапаните: а-клапани успоредни на оста на цилиндри; б-клапани, наклонени спрямо оста на цилиндри; в-разностранно разположени клапани.

При бензинови двигатели с плоскоовална горивна камера и дизелови с горивна камера в буталото, клапаните са успоредни на оста на цилиндрите (фиг. 3.6 а). При клиновидна горивна камера на бензиновите двигатели клапаните са наклонени спрямо оста на цилиндъра (фиг. 3.6 б), като изпускателните и пълнителните канали са едностранно разположени в цилиндровата глава.

В бензиновите двигатели с полусферична форма на горивната камера клапаните се разполагат разностранно (фиг. 3.6 в).

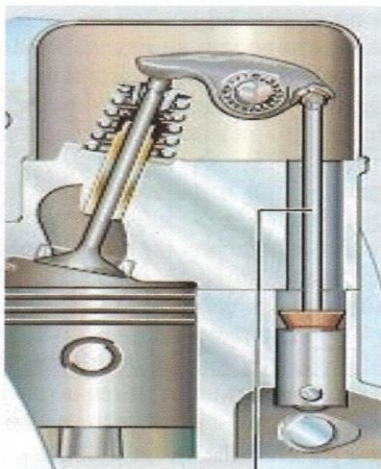
За да се подобри напълването на цилиндрите с прясно работно тяло и почистването им от продуктите на горене, при работа на високи честоти, се използват три, четири и повече клапани на един цилиндър, като броят на пълнителните клапани е равен или по-голям от броя на изпускателните клапани. При равен брой, пълнителните клапани имат по-голям диаметър от изпускателните.

Клапаните се задвижват от разпределителния вал на двигателя, който получава движението от колянвия вал чрез зъбна, верижна или зъбно-ремъчна предавка.

При горно разположение на клапаните, разпределителният вал може да има долно (в картера), средно (в цилиндровия блок) или горно разположение (в цилиндровата глава).

В зависимост от разположението на клапаните и разпределителния вал, може да отпаднат някои от основните елементи, съставлящи газоразпределителния механизъм. Намалявайки броя на елементите, участващи в конструкцията на газоразпределителния механизъм, се намаляват действащите инерционни сили и динамичното натоварване. Основните видове конструкции газоразпределителни механизми, намерили приложение в автомобилните двигатели са няколко вида:

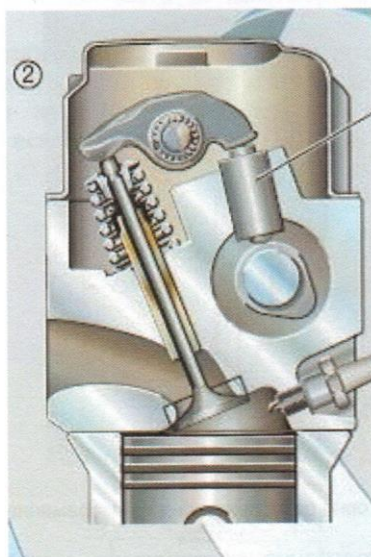
-разпределителният вал е разположен в картера или цилиндровия блок на двигателя и управлява клапаните чрез повдигачи, повдигателни пръти и кобилицы (Фиг. 3.7).



Фиг. 3.7 Механизъм с долно разположение на разпределителния вал.

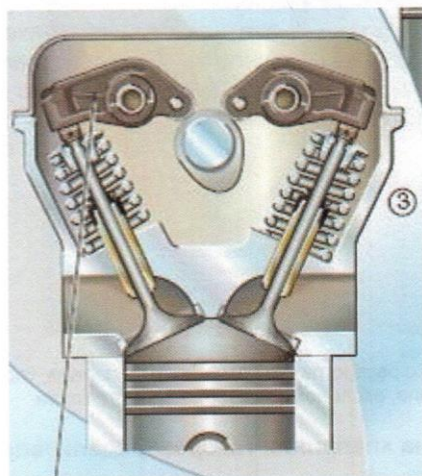


-разпределителният вал е разположен в цилиндровата глава и управлява клапаните чрез повдигачи и кобилицы, като отпадат повдигателните пръти (Фиг.3.8).



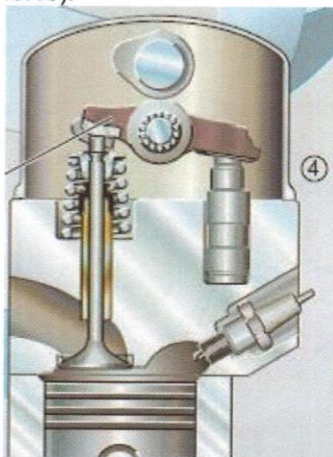
Фиг. 3.8. Механизъм с горно разположение на разпределителния вал.

-разпределителният вал е разположен в цилиндровата глава, а клапаните са разностранно разположени под наклон спрямо оста на цилиндъра (Фиг. 3.9). В този случай разпределителният вал управлява клапаните чрез кобилиците, като са отпаднали повдигателните пръти и повдигачите.



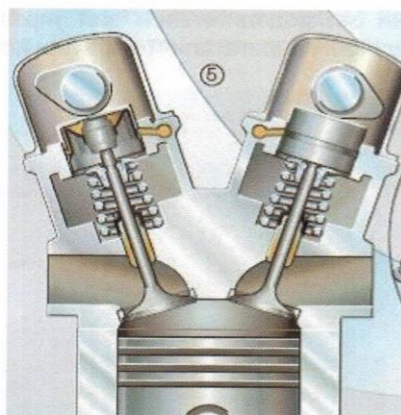
Фиг. 3.9. Механизъм с един разпределителен вал разположен в цилиндровата глава и два реда разностранно разположени клапани.

-разпределителният вал е разположен в цилиндровата глава, като валът управлява клапаните чрез еднораменна кобилица, монтирана върху индивидуална опора (Фиг.3.10).



Фиг. 3.10. Механизъм с горно разположен вал и еднораменна кобилица с индивидуална опора.

-клапаните са разностранно разположени, наклонени спрямо оста на цилиндъра и за всеки ред клапани има отделен разпределителен вал (Фиг. 3.11). При този вариант отпадат повдигателните пръти и кобилиците, като разпределителният вал управлява клапаните чрез повдигачи разположени непосредствено върху клапаните.



Фиг. 3.11. Механизъм с разностранно разположени клапани, управлявани от два отделни разпределителни вала, разположени в цилиндровата глава.

### 1.3. Елементи на клапанный газоразпределителен механизъм:

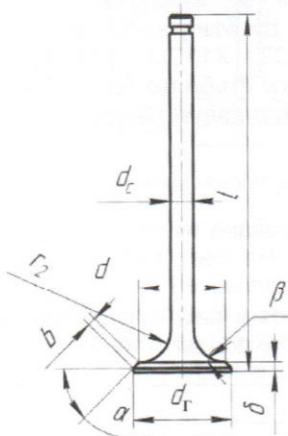
#### *Клапани*

Клапаните се състоят от глава и стъбло. На главата на клапана се изработва уплътняваща конусна повърхнина под ъгъл  $\alpha = 30^\circ$  или  $45^\circ$  (фиг. 3.12). Обикновено, уплътняващата повърхнина се изработва под ъгъл  $45^\circ$ .



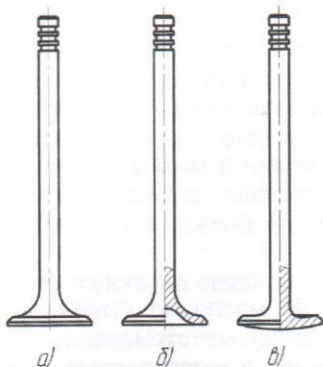
Клапани с конусна уплътняваща повърхнина, изработена под ъгъл  $30^\circ$  са с пониско хидравлично съпротивление. Стената на главата на клапана обаче е по-склонна към прегаряне и най-често се използват за пълнителни клапани на форсирани двигатели.

Дебелината на уплътнителната повърхнина на главата е малко по-голяма при ъгъл  $\alpha = 45^\circ$  и е предпочитана за изпускателните клапани. Когато се използват достатъчно качествени материали ъгълът на уплътнителната конусна повърхнина за всички клапани е  $\alpha = 30^\circ$ .



Фиг. 3.12. Схема на клапан с основните геометрични характеристики.

Челото на главата на клапана може да бъде плоско, вдлъбнато или изпъкнало. Клапаните с плоска глава (Фиг. 3.13 а) са по-прости за изработване и са намерили най-широко приложение. Те се характеризират с по-голяма дебелина на главата, с малък радиус на прехода между главата и стъблото и с не много добра обтекаемост. Клапаните с вдлъбната глава са по-леки (Фиг. 3.13 б) и се използват като пълнителни клапани в двигатели с повишена мощност или с висок скоростен режим. Клапаните с изпъкнала глава (Фиг. 3.13 в) се използват като изпускателни клапани, но поради по-голямата си маса намират все по-рядко приложение.



Фиг. 3.13. Форма на челото на главата на клапаните: а- клапан с плоска глава, б- клапан с вдлъбната глава, в- клапан с изпъкнала глава.

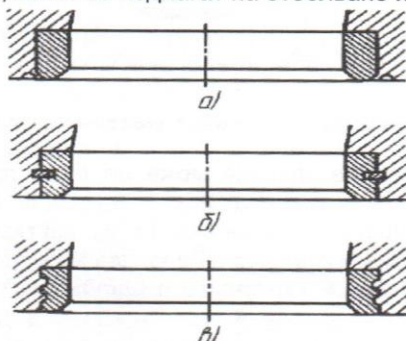
По време на работа на двигателя, клапаните са подложени на действието на големи динамични натоварвания от налягането на работното тяло, силата на пружината, инерционните сили на задвижващия механизъм, на високата температура и корозионното действие на продуктите на горене. Поради ограниченото отдаване на топлина температурата на главата на изпускателните клапани в карбураторните двигатели достига до 1073-1173K, а в дизеловите до 773-873K. Пълнителните клапани работят при по-благоприятни условия и температурата им е значително по-ниска – около 573-673K.

Пълнителните клапани се изработват от хромова и хромниколова стомана 40X, 40XH, 50XH и др. Изпускателните клапани изискват специални огнеустойчиви стомани X9C2, X10CM, X12H7C и др. За икономия на специалните стомани понякога стъблото на клапана се изработва от стомана 40X ИЛИ 40XH. Стъблото и главата се свързват чрез заваряване с челно триене.

#### *Клапанови гнезда*

Използват се за повишаване износоустойчивостта на повърхнината, по която уплътняват клапаните. На Фиг. 3.14 са показани някои конструкции на клапанови гнезда.

Седлата на клапаните се изработват от сив перлитен чугун СЧ24-48, от високолегирани чугуни, които се подлагат на отбелване или металокерамика.



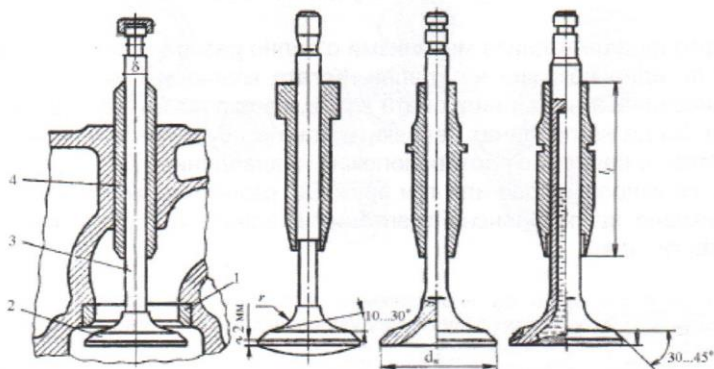
Фиг. 3.14 Конструкции клапанови гнезда и начини на осигуряване в цилиндровите глави.

#### *Направляващи втулки (водачи)*

Обикновено се изработват цели цилиндрични втулки (фиг. 3.15) и се запресуват в цилиндровата глава или цилиндровия блок. Втулките на изпускателните клапани са по-дълги, за да се запази стъблото на клапана от въздействието на горещите газове и се подобри топлоотдаването. Дебелината на стената на втулката  $\delta_v = 2,5-4\text{ мм}$ , а дължината на втулката  $l_v = (8+10)d_c$ , където  $d_c$  е диаметърът на стъблото на клапана. Горната част на направляващата втулка на пълнителните клапани, в двигателите с принудително пълнене, в някои случаи е с вътрешна фаска, която събира маслото, попаднало по стъблото на клапана.

В много двигатели с горно разположение на клапаните, за да се предотврати подаването на масло по стъблото на клапаните в горивната камера на двигателя, се използват стоманени капачки и отражатели, а също така и гумени уплътнители. Направляващите втулки се изработват от сив чугун СЧ24-48.

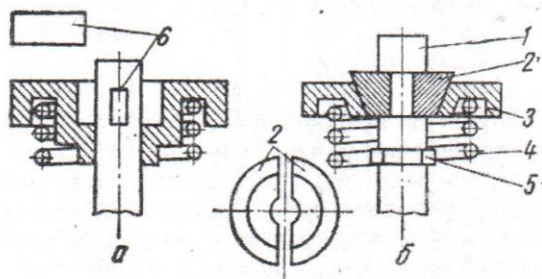




Фиг. 3.15. Направляващи втулки: 1-клапанно седло; 2-глава на клапана; 3-стебло на клапана; 4-направляваща втулка.

### Талерки и полуконуси

В края на стъблото на клапана се разполага талерка на клапановата пружина (Фиг. 3.16), с помощта на която се свързват клапанът и пружината. Най-разпространено е свързването, показано на фиг. 3.16 б, което се състои от талерка и полуконуси. Използва се и свързване чрез талерка и щифт (Фиг. 3.16а) или с резбово съединение.



Фиг. 3.16. Талерки на клапанови пружини: 1- клапан, 2- полуконуси, 3- талерка, 4- пружина, 5- осигурителен пръстен, 6- щифт.

### Клапанни пружини

Пружините трябва да отговарят на следните изисквания:

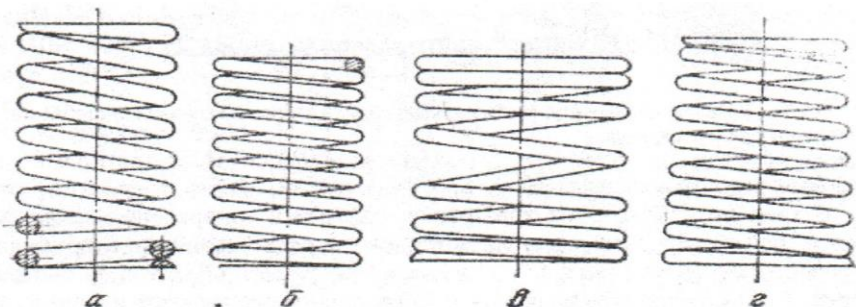
1. Да осигуряват плътното притискане на клапана към седлото, когато той е затворен, и да не позволяват самопроизволно отваряне.
2. Да не допускат отделяне на клапана от повдигача (или от края на кобилицата) и на подвигача от гърбицата по време на движението им с отрицателно ускорение.
3. Размерите и формата на пружината трябва да не допускат вибрации по време на работа на двигателя.

Най-разпространени са цилиндричните пружини с постоянна стъпка (фиг.3.17 а). Използват се и пружини с променлива стъпка на навивките (фиг. 3.17 б,в). При тези пружини се избягват резонансните трептения. За избягване

на резонансните трептения в някои случаи се използват конусни пружини (фиг. 3.17 г).

В газоразпределителните механизми с долно разположение на клапаните се използва по една пружина на клапан. Когато клапаните са висящи, за да се намали височината на цилиндровата глава, се използват по две къси пружини на клапан. За да не попаднат навивките една в друга при счупване, пружините се изработват с навивки с противоположно направление.

Когато се използват две или три пружини, размерите им се избират така, че при възникване на резонансни трептения в едната от пружините останалите пружини да ги гасят.



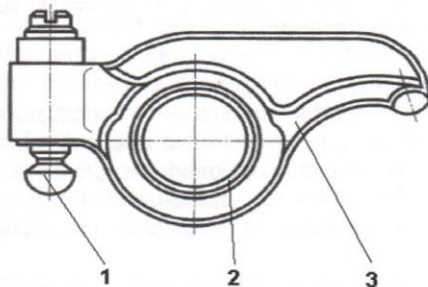
Фиг. 3.17. Клапанни пружини: а- цилиндрична пружина с постоянна стъпка, б и в- цилиндрични пружини с променлива стъпка, г- конусна пружина.

За изработка на клапановите пружини се използват стомани 60Г, 65Г, 50ХФХ и др.

#### Кобилици

Кобилиците служат да предават движението, към стъблото на клапана. Изработват се като двураменни или еднораменни лостове.

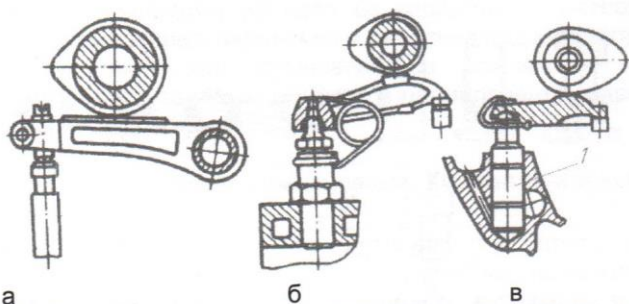
Двураменната кобилица (фиг. 3.18). представлява неравнораменен лост, който се люлее около неподвижна ос. Лагерува се обикновено на плъзгащ лагер и по рядко на иглен лагер. Единият край на кобилицата опира върху стъблото на клапана, а другият чрез регулиращия винт върху повдигателната щанга.



Фиг. 3.18. Двураменна кобилица: 1- регулиращ винт, 2-плъзгащ лагер, 3-кобилица.

При еднораменните кобилици гърбиците въздействат непосредствено върху тях (фиг. 3.19).



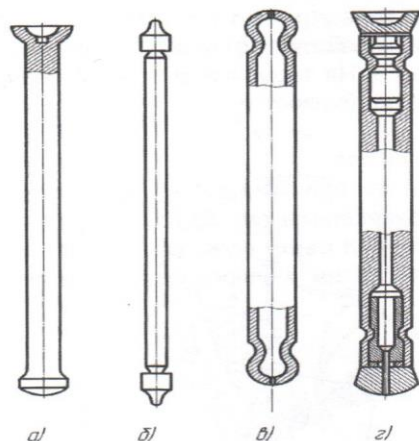


Фиг. 3.19. Еднораменни кобилицы: а-разполагане на обща ос; б-разполагане на индивидуална опора; в-разполагане на индивидуална опора с хидравлически компенсатор

Рамената на кобилицата обикновено са с различна дължина. Кобилиците се шамповат от стомана 20 и 30. Използват се също легирани стомани 29ХН3А, 12Х3А и др.

#### Повдигателни щанги

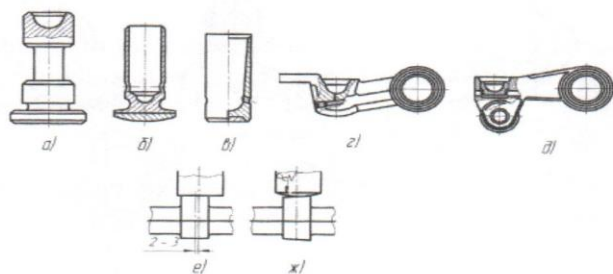
Обикновено се изработват кухи, за да се намали масата им. При някои на двата им края се запресуват специални накрайници, като долният е сферичен, а горният е със сферично гнездо или също е сферичен в зависимост от начина на свързване с кобилицата. Повдигателните щанги (фиг. 3.20) трябва да имат необходимата якост срещу изкълчване.



Фиг. 3.20. Повдигателни щанги: а-стоманена; б-дуралуминиева с със запресовани стоманени накрайници; в-стоманена с пръстеновидно сечение; г-съставна.

#### Повдигачи

Повдигачи се използват за задвижване на клапаните с долно и с горно разположение. Повдигачите възприемат страничните сили от гърбицата. Конструктивното им изпълнение е много разнообразно (фиг. 3.21). Повдигачите могат да бъдат изработени със сферична (фиг. 3.21 б) или плоска (фиг. 3.21 а, в) опорна повърхнина или с ролка. За намаляване на масата на повдигачите те се изработват кухи.



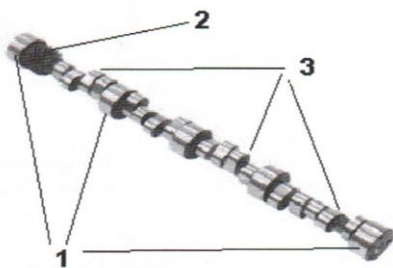
Фиг. 3.21. Повдигачи: а,в-плоски; б-сферичен; г,д-лостови; е,ж-методи за задаване на въртливо движение.

За равномерно износване на направляващата цилиндрична и опорната челна повърхнина на повдигачите се придава въртливо движение около оста. За целта оста на повдигача се измества на разстояние  $2+3\text{mm}$  от средата на гърбицата или когато повдигачът е със сферична опорна повърхнина, гърбицата се изработва с малък наклон от  $2,5+10'$  (фиг. 3.21 е,ж). Ролковите повдигачи се използват за намаляване на механичните загуби и износването на триещите се повърхнини, но имат по-голяма маса. Съществуват и лостови повдигачи (фиг. 3.21 г,д). В някои автомобилни двигатели се използват хидравлични повдигачи. Хидравличните повдигачи позволяват автоматично да се регулира хлабината между стъблото на клапана и повдигача или между кобилицата и повдигача.

Повдигачите се изработват от легирани стомани 15X, 20X, 12XH3A и 18XH3A и от стомана 45. На термична обработка се подлага повърхността за повишаване на изнosoустойчивостта.

#### Разпределителен вал

Разпределителният вал (Фиг.3.22) чрез гърбиците отваря и затваря клапаните в точно определен момент, за точно определен период от време и по зададен закон. За тази цел върху вала, обикновено като едно цяло с него, са изработени гърбиците 3 на пълнителните и изпускателните клапани на двигателя.



Фиг 3.22. Разпределителен вал: 1-лагерни шийки; 2- зъбно колело за задвижване на маслена помпа и прекъсвач токоразпределител; 3-гърбици;

На някои валове се изработват и елементи за задвижване и на други органи на двигателя, като маслена помпа, прекъсвач-разпределител и други.



Разположението на гърбиците на вала се определя от разположението на клапаните, фазите на газоразпределение и работния ред на двигателя.

Разпределителният вал обикновено се монтира в неразглобяеми плъзгащи лагери. Когато валът се монтира в цилиндровата глава, могат да се използват разглобяеми лагери.

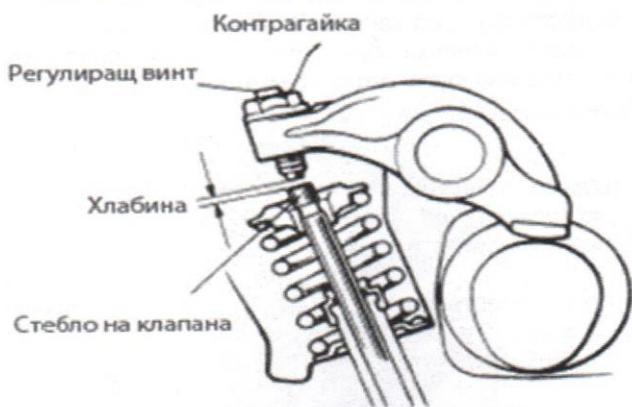
### 3.4. Хлабина за топлинна компенсация. Хидравлични компенсатори.

Топлината, която се получава по време на работа на двигателя, предизвиква топлинни разширения в частите на газоразпределителния механизъм, като линейното разширение зависи от материала и размерите на дадения елемент. Топлинното разширение на частите предизвиква отделянето на главата на клапана от клапанното седло и загуба на херметичността на затваряне. За да се осигури плътност на затваряне на каналите в газоразпределителния механизъм се оставя определена хлабина, наричана хлабина за температурна компенсация.

Ако хлабината на клапаните е твърде малка те няма да могат да се затварят напълно, което може да доведе до изгаряне на част от уплътнителната повърхност на главата на клапана.

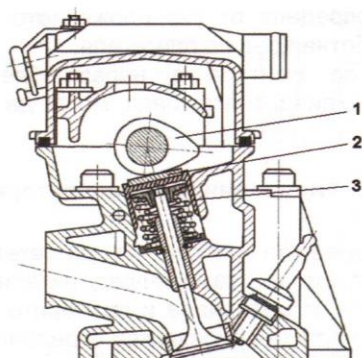
Прекалено голямата хлабина може да доведе до шумна работа на двигателя, както и да предизвика увреждания по гърбиците на разпределителния вал, кобилиците и върховете на стеблата на самите клапани.

За регулиране на хлабината за температурна компенсация в повечето конструкции се използва регулиращ винт с контрагайка (Фиг. 3.23), монтирани към кобилицата. Чрез навиването или развиването на регулиращия винт хлабината се намалява или увеличава.



Фиг. 3.23. Регулиране на хлабините на клапаните чрез регулиращ винт и контрагайка.

В други конструкции ГРМ, се използват регулировъчни шайби с различни дебелини (фиг. 3.24). Регулировъчните шайби са с определена височина и се поставят между повдигача на клапана и гърбицата на разпределителния вал. Регулирането на хлабината се извършва чрез замяна на шайбите с други, с различна височина.

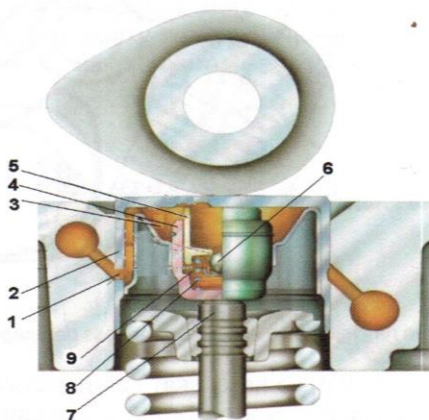


Фиг. 3.24. Регулиране на хлабините на клапаните, чрез използване на регулировъчни шайби с различни дебелини: 1-гърбица; 2-регулировъчна шайба; 3-повдигач.

Регулирането на хлабината е сравнително скъпо струваща операция, която изисква задържането на автомобила в сервиза за определено време.

Чрез въграждането на хидравлични компенсатори в газоразпределителния механизъм отпада необходимостта от периодично регулиране на хлабините на клапаните и се осигурява по-бесшумна работа на двигателя. Хидравличните компенсатори могат да се монтират в повдигачите, кобилиците или индивидуалните опори на еднораменните кобилицы.

На фиг. 3.25 е показан повдигач с хидравличен компенсатор. Хидравличният повдигач се състои от: корпус 2, цилиндър 4, бутало 5, възвратен клапан 6 и пружина 8. Буталото 5, цилиндърът 6 и сферичният клапан 6 с пружината 8 са елементи на хидравличния компенсатор. Вътрешният обем 3 на повдигача се запълва с масло от смазочната система на двигателя което постъпва през канала 1 на цилиндровата глава. Подаваното под налягане масло, навлиза през клапана 6 в работния обем 9 на компенсатора и оттласква буталото 5 заедно с корпуса на повдигача докато допре до гърбицата.



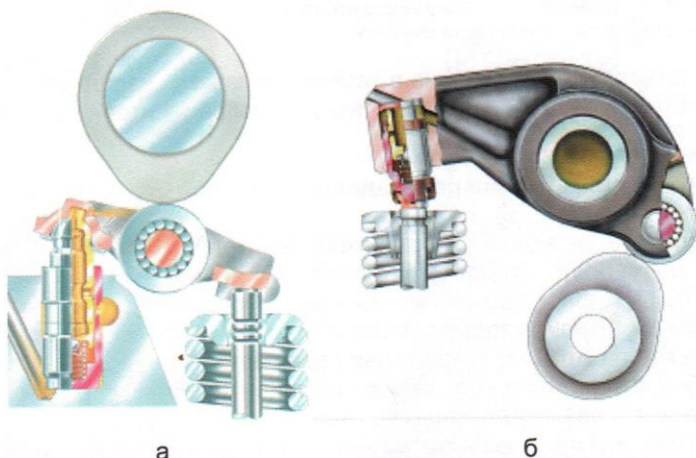
Фиг. 3.25. Хидравличен компенсатор: 1-канал в цилиндровата глава за подвеждане на масло; 2-корпус на повдигача; 3-обем с масло на повдигача; 4-цилиндър; 5-бутало; 6-възвратен клапан; 7- стебло на клапана; 8-пружина на възвратния клапан; 9- работен обем на компенсатора.



При стартиране на двигателя от маслената помпа се подава масло към повдигача по снабдителния канал, маслото повдига корпуса и той опира в гърбицата на разпределителния вал. Когато гърбицата на разпределителния вал натисне корпуса на повдигача, той се премества надолу и затваря снабдителния канал. Силата на натиск се предава от корпуса към клапана чрез маслото в работната камера.

След като клапана се затвори от клапановата пружина, между корпуса на хидравличния повдигач и гърбицата на разпределителния вал остава малка хлабина, която бързо се компенсира с масло постъпващо през снабдителния тръбопровод.

Освен хидравлични повдигачи от този тип, в зависимост от разположението на разпределителния вал и клапаните, хидравличните компенсатори могат да бъдат вградени в кобилиците (Фиг. 3.26 б), както и в индивидуалните опори на механизмите с еднораменни кобилицы. (Фиг. 3.26 а).



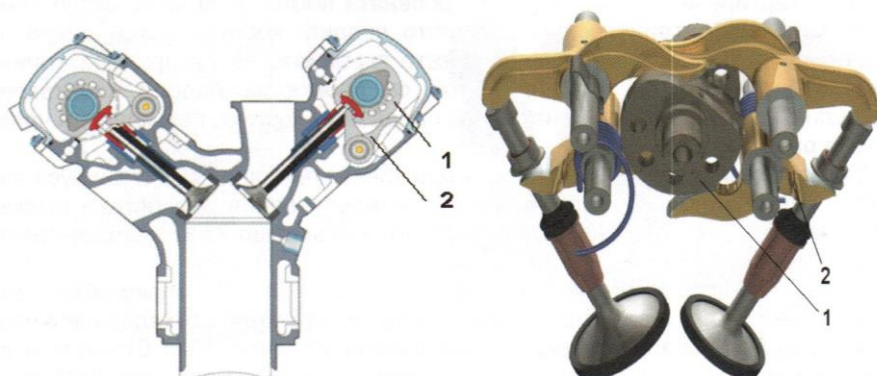
Фиг. 3.26. Хидравлични компенсатори вградени в: а-индивидуалната опора на еднораменна кобилица; б-в двураменна кобилица.

Принципът на действие на тези хидравлични компенсатори е като описания по-горе. Необходимо условие за нормалната работа на хидравличните компенсатори е маслото от смазочната система да достига до тях с необходимото налягане.

Осите на двураменните кобилицы се изработват кухи и са запълнени с масло от смазочната система, което през напречни отвори в оста и канал в кобилицата достига до хидравличния компенсатор (фиг. 26б).

### 3.5. Газоразпределителни механизми без клапанни пружини

При работа на двигателя с висока честота на въртене на колянния вал, в пружините от газоразпределителния механизъм възникват резонансни трептения. Резонансните трептения предизвикват самопроизволно свиване и отпускане на пружината т.е. самопроизволно отваряне на клапана. За отстраняване на този недостатък в някои двигатели се прилагат газоразпределителни механизми без клапанни пружини (фиг. 3.27), известни като дезмодромни.



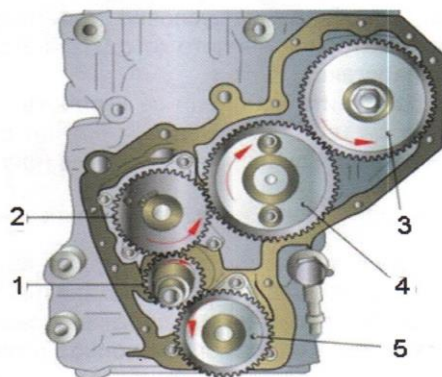
Фиг. 3.27. Дезмодромни газоразпределителни механизми: 1-гърбица за затваряне на клапана; 2-кобилица за затваряне на клапана.

За затварянето на клапана в тези механизми се използват допълнителна гърбица 1 (фиг. 3.27) изработена върху разпределителния вал и отделна кобилица 2.

### 3.6. Задвижване на разпределителния вал

Клапаните се задвижват от разпределителния вал на двигателя, който получава движението от колянния вал, чрез зъбна, верижна, зъбно-ремъчна предавка или чрез междинни валове. Предавателното отношение на предавката в четиритактовите двигатели е 2:1, т.е. за две завъртания на колянния вал разпределителният вал прави едно.

Зъбните предавки са предпочитани при малки разстояния между колянния и разпределителния вал. При долно разположение на разпределителния вал, зъбното колело монтирано на колянния вал предава движението директно на колелото на разпределителния вал. Когато разпределителния вал е монтиран в цилиндричния блок движението се предава чрез едно или повече междинни зъбни колела (фиг. 3.28).



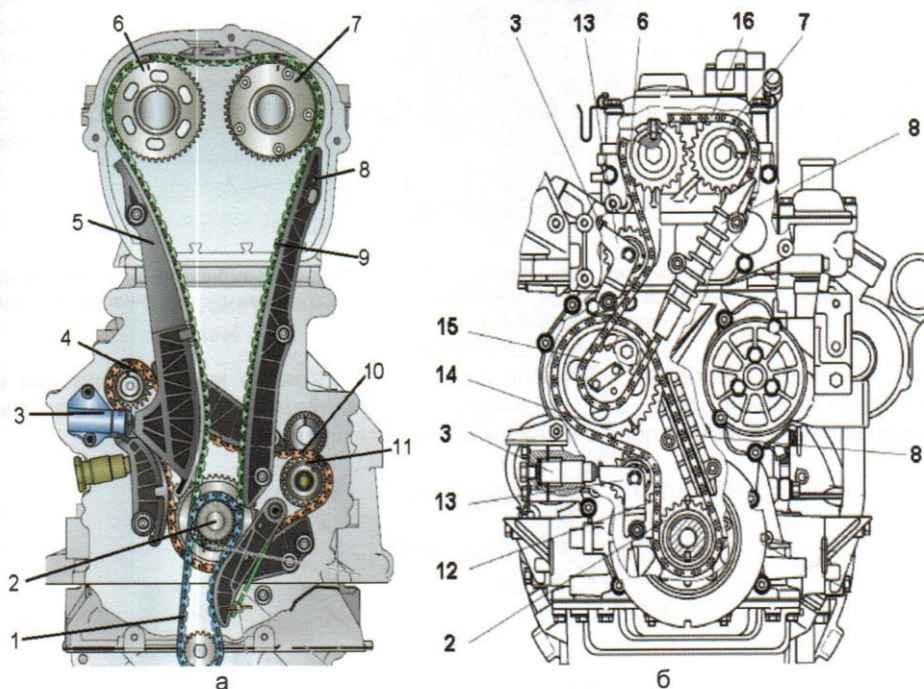
Фиг. 3.28. Задвижване на разпределителния вал със зъбна предавка: 1-зъбно колело на колянния вал; 2-междинно колело; 3-колело за задвижване на горивонагнетателната помпа; 4-зъбно колело на разпределителния вал; 5-колело за задвижване на маслената помпа.



В някои конструкции междинните колела се използват за задвижване на спомагателни агрегати.

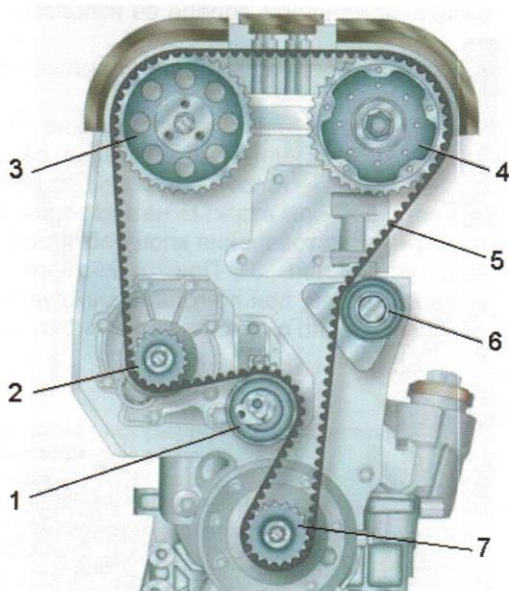
При горно разположение, разпределителният вал се задвижва с верижна или зъбно-ремъчна предавка.

На фиг. 3.29 е показано задвижване с верижна предавка. При тези предавки, на колянвия и разпределителните валове се монтират верижни зъбни колела 2, 6 и 7, а движението се предава чрез ролкова верига 9. За намаляване на трептенията на веригата към натоварения ѝ клон се монтира успокоител 8, а от страната на разтоварения клон – обтягаща дъга (плъзгач) 5 и хидравлично обтягащо устройство 3. При по-дълги вериги шумът и трептенията се увеличават. Затова, при по-голямо междувалово разстояние се използват две верижни предавки, но с по-къси вериги (фиг. 3.29 б).



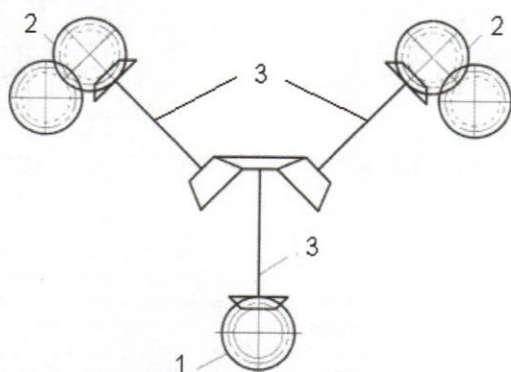
Фиг. 3.29. Задвижване с верижна предавка: 1-верига за задвижване на маслената помпа; 2-верижно колело на колянвия вал; 3-хидравлично обтягащо устройство; 4, 11-балансиращи валове; 5-обтягаща дъга; 6, 7- верижни колела на разпределителните валове; 8-успокоител; 9-верига за задвижване на разпределителните валове; 10-верига за задвижване на балансиращите валове; 12-верига на първата верижна предавка; 13-лост с обтягащо верижно колело; 14-водимо верижно колело на първата предавка; 15-водящо колело на втората предавка; 16-верига на втората предавка.

За задвижване на горноразположени валове се използват също така и зъбно-ремъчни предавки (фиг. 3.30). Движението се предава от зъбно-ремъчно колело 7 на колянвия вал чрез зъбния ремък 5 към зъбно-ремъчните колела на разпределителните валове 3 и 4. Обтягането на ремъка се осигурява от обтягаща ролка 1. Зъбният ремък може да задвижва и други агрегати, като водна или маслена помпа, горивонагнетателна помпа и др..



Фиг. 3.30. Зъбно-ремъчно задвижване: 1-обтягаща ролка; 2-зъбно-ремъчно колело на водната помпа; 3 и 4-колела на разпределителните валове; 5-зъбен ремък; 6-направляваща ролка, 7-зъбно-ремъчно колело на колянвия вал..

В някои V-образни двигатели с голямо разстояние между колянвия и разпределителния вал, за задвижване на разпределителните валове се използват междинни валове с конусни зъбни колела (фиг. 3.31).



Фиг. 3.31. Задвижване с междинни валове: 1-конусно зъбно колело на колянвия вал; 2-зъбни колела на разпределителните валове; 3-междинни валове.

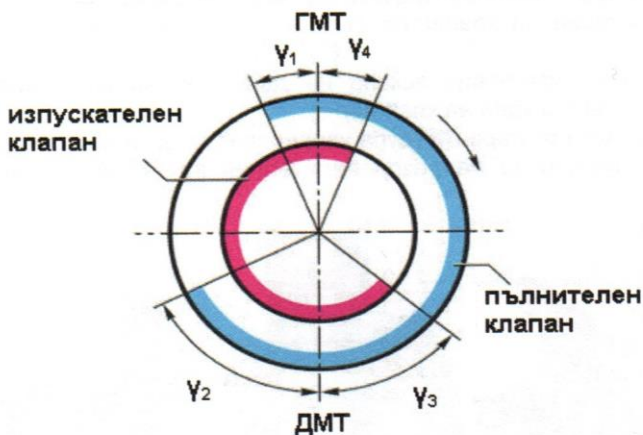
### 3.7. Фази на газоразпределение

Моментите на отваряне и затваряне на клапаните на двигателя, изразени в ъгли от завъртането на колянвия вал, се наричат фази на газоразпределение. Фазите на газоразпределение могат да бъдат изобразени в



кръгова диаграма (фиг. 3.32). Фазите на фазоразпределение се определят от профила на гърбиците на разпределителния вал. Ефективността на газообмена в цилиндри на двигателя се определя от степента на напълването им с прясно работно тяло и от степента на почистването им от отработилите газове.

Напълването и почистването на цилиндъра пряко зависи от продължителността на фазите на пълнене и изпускане, както и от припокриването на клапаните. За всеки работен режим на двигателя има оптимални фази на газообмена. За автомобилните двигатели е типично непрекъснатото изменение на работния режим, но конвенционалният газоразпределителен механизъм не може да променя фазите на газоразпределение спрямо промяната на работния режим. Опитно се подбира продължителността на фазите на пълненето и изпускането, тяхното разположение спрямо Г.М.Т. и Д.М.Т. и припокриването на клапаните за работните режими, в които двигателя работи най-често при съответните експлоатационни условия. За по-добро напълване на цилиндъра с прясно работно тяло и по-доброто му почистване от отработилите газове клапаните се отварят и затварят не в мъртвите точки, а с известно изпреварване и закъснение.



Фиг. 3.32. Фази на газоразпределение на четиритактов двигател.

Пълнителният клапан в бързоходните двигатели се отваря обикновено с изпреварване  $\gamma_1 = 10 \div 40^\circ$  преди Г.М.Т. и се затваря със закъснение  $\gamma_2 = 20 \div 70^\circ$  след Д.М.Т. Изпреварването позволява още в началото на пълненето, когато буталото се намира в Г.М.Т., клапанът да бъде достатъчно отворен. Закъснението дава възможност да се използва инерционният напор на прясното работно тяло за по-добро запълване на цилиндъра на двигателя.

Изпускателният клапан се отваря с изпреварване  $\gamma_3 = 40 \div 70^\circ$  преди Д.М.Т. по време на работния ход и се затваря със закъснение  $\gamma_4 = 10 \div 35^\circ$  след Г.М.Т. по време на такта пълнене. По-големите стойности на ъглите се отнасят за по-бързоходните двигатели. Изпреварването позволява да се понижат налягането и температурата на работното тяло и да се намали работата за принудителното изтласкване на газовете. Закъснението спомага за по-доброто почистване на

цилиндъра от продуктите на горене, като се използва инерцията на газовия поток.

### 3.8. Механизми с променливи фази на газоразпределение

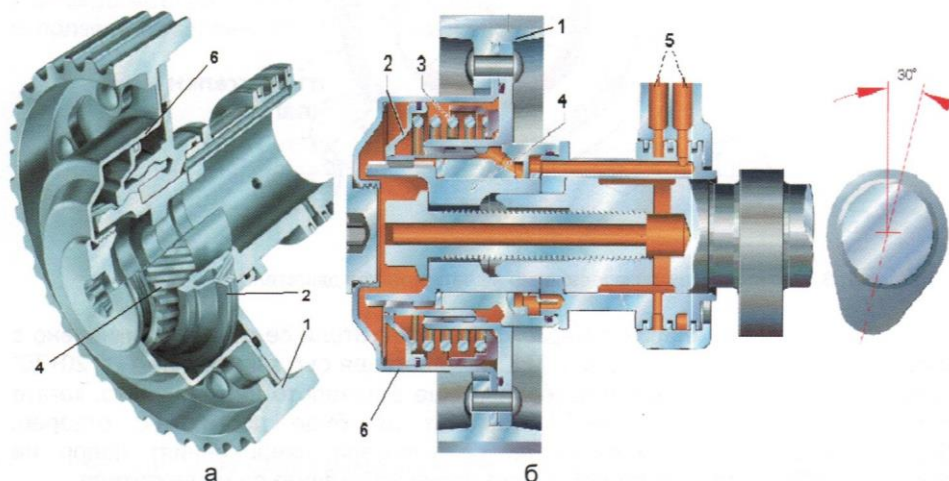
Моментите на отваряне и затваряне на пълнителните клапани оказват по-силно влияние върху мощностните показатели на двигателите, а тези на изпускателните – върху икономичните и екологични показатели. Обикновено фазите на газоразпределение се определят с известен компромис за получаване на приемливи максимален въртящ момент при ниски честоти и максимална мощност при високи. Така подбрани, фазите на газоразпределение се оказват оптимални само за определени честоти. За да се осигурят не само високи мощностни, но и икономични и екологични показатели е необходимо да бъдат променяни в зависимост от честотата и натоварването на двигателя.

В газоразпределителните механизми на съвременните двигатели се вграждат различни по конструкция и действие устройства за изменение на фазите на газоразпределение, които в зависимост от регулираните параметри се подразделят на следните групи:

- устройства, изменящи фазите на газоразпределение без да променят закона за движение на клапаните (ъгъла на отворено състояние и хода на клапаните);

- устройства, изменящи закона на движение на клапаните (ъгъла на отворено състояние и хода на клапаните).

Устройствата от първата група управляват фазите на газоразпределение чрез ъглово изместване на разпределителния вал спрямо коляновия (фиг. 3.33).



Фиг. 3.33. Устройство за изменение на фазите на газоразпределение: а-общ изглед; б-схема на управлението; 1-зъбноремъчна шайба; 2-бутало; 3-пружина; 4-втулка с наклонени зъби; 5-канал за подаване на масло; 6-цилиндър.

Втулката с наклонени зъби 4 е монтирана към предния край на разпределителния вал. Чрез наклонени зъби, буталото 2 е монтирано върху втулката и може да се движи в цилиндъра 6 в осово направление, но е осигурено срещу завъртане спрямо него. Цилиндърът е монтиран към



ремъчната шайба 1. При преместване на буталото по оста на цилиндъра, наклонените зъби на втулката предизвикват завъртането на разпределителния вал спрямо ремъчната шайба. В зависимост от посоката на преместване на буталото, разпределителният вал се завърта напред по посоката на въртене на ремъчната шайба или обратно. За преместването на буталото се подава масло под налягане от смазочната система. Електромагнитен клапан, командван от електронен блок, подава маслото пред буталото или зад него за управление завъртането на разпределителния вал в зависимост от режима на работа на двигателя. При изместването на разпределителния вал напред по посоката на въртене, гърбиците отварят клапаните по-рано, но се затварят също по-рано, т.е. продължителността на отвореност на клапана не се променя.

Устройствата, които променят продължителността и височината на отваряне на клапаните се характеризират с по-висока сложност

## **Глава 4. Охладителна система.**

### **4.1. Общи сведения**

Охладителната система служи да поддържа оптимално температурно състояние на частите при всички режими на работа на двигателя. Охладителната система не трябва да допуска прегряване или преохлаждане на двигателя.

При нагряване на частите над определена температура, се влошават якостните свойства на материалите, от които са изработени, нарастват температурните напрежения и деформацията в тях, понижава се вискозитета на маслото и нарастват загубите от триене.

При преохлаждане, се увеличава износването на частите, влошават се смесообразуването и горенето, увеличават се топлинните загуби през стените на цилиндъра, повишават се емисиите на въглеводороди в ОГ.

Към охладителната система се предявяват следните изисквания:

- автоматично поддържане на температурния режим на двигателя, независимо от режима му на работа и външните условия;

- бързо подгряване на двигателя до оптималната работна температура след първоначално пускане;

- малки енергийни загуби свързани със задвижване на елементите от охладителната система (вентилатор, помпа за охлаждащата течност);

- малки маса и габарити.

Охладителната система може да изпълнява и някои допълнителни функции:

- подгряване на въздуха в системата за отопление и вентилация на салона на автомобила;

- охлаждане на маслото от смазочната система;

- охлаждане на газовете от системата за рецикулация на ОГ;

- охлаждане на въздуха в системата за принудително пълнене;

- охлаждане на работната течност на автоматичните предавателни кутии.

Според вида на използвания флуид за охлаждане, охладителните системи биват два вида – течностни и въздушни.

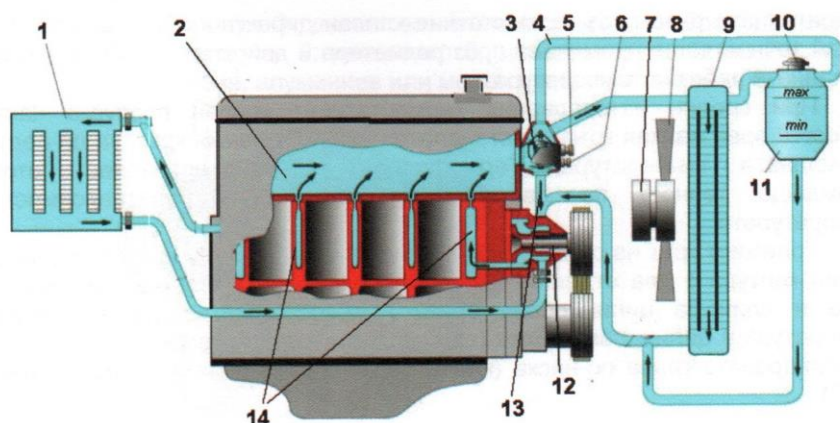
### **4.2. Течностна охладителна система**

В съвременните автотракторни двигатели са намерили приложение главно течностни затворени системи, с принудителна циркулация. За осигуряване на циркулацията на охлаждащата течност в тези системи, се използва специална помпа задвижвана от колянвия вал на двигателя. Схема на течностна охладителна система е показана на фиг. 4.1.

Основните елементи на течностната охладителна система са охладителна риза на цилиндровата глава 2, охладителна риза на цилиндровия блок 14, термостатен клапан 3, вентилатор 8 с електродвигател 7, радиатор 9, паровъздушен клапан 10, разширителен съд 11 и центробежна помпа 12.

При двигателите с течностна охладителна система, цилиндрите (цилиндровите блокове) и цилиндровите глави са изработени с двойни стени. Пространствата между двойните стени се наричат охладителна риза - в тях циркулира охлаждаща течност.





Фиг. 4.1. Схема на течностна охладителна система с принудителна циркулация: 1- радиатор за отопление на салона на автомобила; 2-охладителна риза на цилиндровата глава; 3-термостат; 4-тръбопровод за самообезвъздушаване; 5-преобразувател за температурата на охлаждащата течност; 6-преобразувател за включване електродвигателя на вентилатора; 7-електродвигател на вентилатора; 8-вентилатор; 9-радиатор; 10-паровъздушен клапан; 11-разширителен съд; 12-помпа; 13-канал за малкия кръг; 14-охладителна риза на цилиндровия блок.

За да поддържа оптимален температурен режим, при различните условия на работа на двигателя, системата е изградена от два кръга за движение на течността - малък и голям. При работа на двигателя с натоварване, нараства температурата на стените на цилиндрите и на горивната камера. Помпата 12 подава охладителната течност в охладителната риза на цилиндровия блок 14 и цилиндровата глава 2, където в непосредствен контакт със нагнетените стени отнема топлина от тях, но при това самата течност се нагрява. Нагрялата течност преминава през термостата 3 и постъпва в радиатора 9, където отдава топлината на въздуха обдухващ тръбната сърцевина на радиатора и температурата ѝ се понижава. Вентилаторът 8, задвижван от електродвигателя 7 осигурява необходимия поток въздух към радиатора. Течността от радиатора, вече с по-ниска температура, отново се подава чрез помпата в охладителната риза. Помпата, охладителната риза, термостатният клапан и радиатора образуват големия кръг на охладителната система. Дебитите на помпата и вентилатора, както и топлоотдаващата способност на радиатора са подбрани така, че да не се допусне прегряване при максимално натоварване на двигателя и високи температури на околната среда. При по-малки натоварвания или по-ниски температури на околната среда, за охлаждането на течността в радиатора може да се разчита само на насрещния поток въздух, като електродвигателят 7 на вентилатора е изключен. Преобразувателят 6 управлява включването (съответно изключването) на вентилатора в зависимост от температурата на охлаждащата течност и може да бъде монтиран както на изхода на течността от цилиндровата глава, така и в долната част на радиатора.

При ниска температура на охлаждащата течност в охладителната риза (след пускане на студен двигател или при продължителна работа на принудителен празен ход), термостатният клапан затваря големия кръг и отваря канала 13 за малкия кръг. Тогава течността преминава от

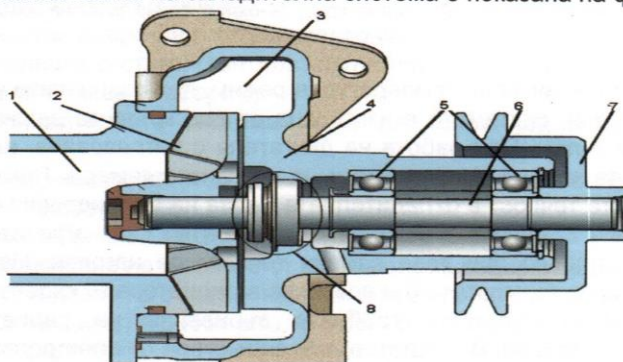
охладителната риза през термостатния клапан директно към помпата. В този случай течността не преминава през радиатора и двигателят по-бързо достига нормалната работна температура.

При средни натоварвания термостатният клапан пропуска част от течността през малкия кръг, а останалата част по големия кръг, за да поддържа оптималната температура. Термостатният клапан управлява потоците охлаждаща течност по двата кръга автоматично в зависимост от температурата.

Големият кръг на охлаждащата система на някои двигатели е разделен на два контура с два отделни термостатни клапана – един за цилиндровата глава и един за цилиндровия блок. Тези системи поддържат по-висока температура в цилиндровия блок (клапанът отваря при температура  $105^{\circ}\text{C}$ ), а в цилиндровата глава по-ниска (клапанът на цилиндровата глава отваря при  $90^{\circ}\text{C}$ ).

#### 4.3. Възли на течностната охлаждателна система

Помпата осигурява циркулацията на охлаждащата течност в системата. Приложение са намерили центробежните помпи за ниско налягане. Схема на центробежна помпа на охлаждателна система е показана на фиг. 4.2.



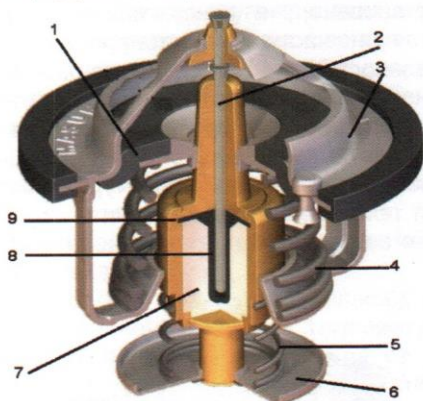
Фиг. 4.2. Центробежна помпа: 1-вход на охлаждащата течност от радиатора; 2-работно колело; 3-изход към охлаждателната риза; 4-корпус на помпата; 5-лагери; 6-вал; 7-ремъчна шайба; 8-уплътнение.

В корпуса 4 на помпата, чрез лагерите 5, лагериува валът 6. На предния край на вала е монтирана ремъчната шайба 7. Валът получава въртеливото си движение от колянвия вал на двигателя чрез ремъчна предавка. На другия край на вала е монтирано работното колело 2. Уплътнението 8, намиращо се зад работното колело не пропуска охлаждаща течност към лагерите. При въртенето на работното колело, лопатките му придават въртеливо движение на течността намираща се между тях. Възникналата центробежна сила изтласква течността към периферията на колелото и в резултат в канала 3 се получава зона с по-високо налягане, а в пространството 1 пред колелото, където е малкият диаметър на лопатките – пад на налягането. Поради разликата в налягането, течността от радиатора постъпва по канала 1 и се подава към охлаждателната риза по канала 3.

Термостатът е клапан, автоматично управляващ потоците на течността през двата кръга, в зависимост от температурата ѝ. Термостатният клапан (фиг.

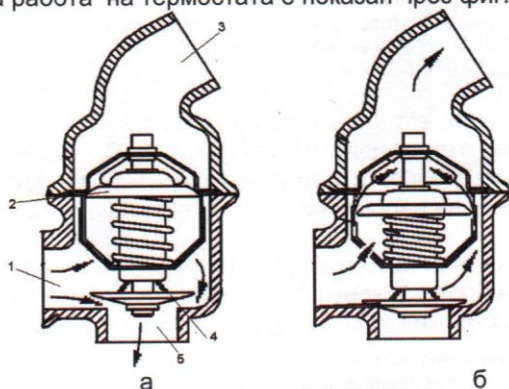


4.3) се състои от: корпус 3; клапан за големия кръг 1; стebло 2; клапан за малкия кръг 6; пружини 4 и 5; резервоар 9, запълнен с пълнител 7 (смес от парафин, восък, церезин, алуминиев или меден прах) и уплътнение 8.



Фиг. 4.3. Термостатен клапан с твърд пълнител: 1-клапан за големия кръг; 2-стebло; 3-корпус; 4 и 5-пружини; 6-клапан за малкия кръг; 7-твърд пълнител; 8-уплътнение; 9-резервоар.

Важно свойство на пълнителя 7 е значителното му увеличение на обема при повишаване на температурата. Резервоарът 9 е изработен от мед или месинг и е в пряк контакт с охлаждащата течност. Към долната страна на резервоара е монтиран клапан за малкия кръг 6, а към горната – клапан за големия кръг 1. Стеблото 2 е подвижно в резервоара, като единият му край е закрепен неподвижно към корпуса 3, а другият навлиза вътре в резервоара. Принципа на работа на термостата е показан чрез фиг. 4.4.



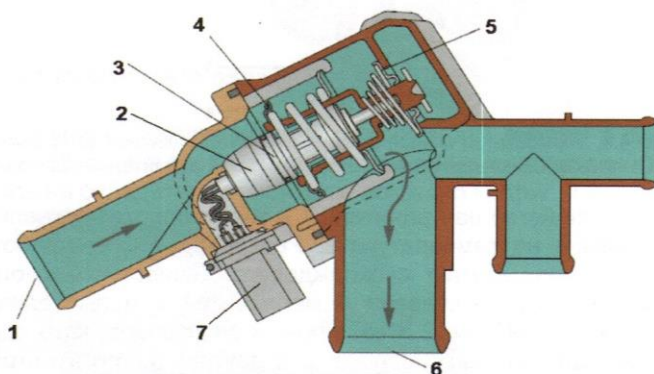
Фиг. 4.4. Схема на работата на термостата: а-отворен малък кръг и затворен голям (при ниска температура на охлаждащата течност); б-затворен малък кръг и отворен голям (при висока температура); 1-вход на охлаждащата течност в термостата; 2-клапан за големия кръг; 3-изход на охлаждащата течност към радиатора; 4-клапан за малкия кръг; 5-изход на охлаждаща течност към малкия кръг.

При увеличаване температурата на охлаждащата течност пълнителят се разширява и се повишава налягането в резервоара. Повишеното налягане в резервоара би трябвало да изтласка стebлото навън от резервоара, но тъй като стebлото е неподвижно закрепено към корпуса, самият резервоар с двата клапана се премества в обратна посока. При това преместване на двата клапана, постепенно се затваря изхода за малкия кръг 5 (фиг. 4.4 б) а се

отваря изхода 3 към радиатора. При намаляване на температурата на течността, пълнителят намалява обема си, налягането в резервоара намалява и пружината 4 (фиг. 4.3) премества клапаните в обратна посока.

Чрез изследвания е установено, че показателите на двигателя се подобряват значително ако при частични натоварвания се поддържа температура на охлаждащата течност  $95 - 110^{\circ}\text{C}$ , а при пълно натоварване  $85 - 95^{\circ}\text{C}$ . Такова управление на температурата води до намален разход на гориво при частичните натоварвания и повишена мощност при пълно натоварване.

За реализиране на такова изменение на температурата в съвременните двигатели все по-често намират приложение термостатните клапани с вграден електрически подгриващ елемент с електронно управление (фиг. 4.5).

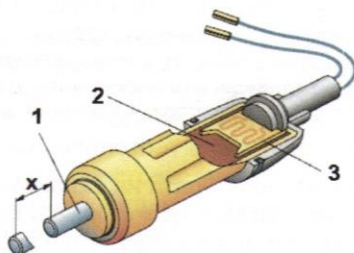


Фиг. 4.5. Общ вид на термостатен клапан с електрически подгриващ подгревател: 1-вход на течността от радиатора; 2-ел. подгриващ елемент; 3-термостатен клапан; 4-клапан за големия кръг; 5-клапан за малкия кръг; 6-изход на течността към помпата; 7-ел. куплунг на подгриващия елемент.

При работа на частични натоварвания термостатният клапан 3 работи по описания по-горе начин, но отваря при температура  $110^{\circ}\text{C}$ .

При преминаване на работа с пълно натоварване, електронният блок, управляващ двигателя, подава напрежение към подгриващото съпротивление 3 (фиг. 4.6) на клапана.

В резултат на допълнителното подгриване от съпротивлението, твърдият пълнител 2 изтласква стеблото 1, което премества клапаните за отваряне на големия и затваряне на малкия кръг, но при по-ниска температура ( $90^{\circ}\text{C}$ ) на охлаждащата течност.



Фиг. 4.6. Резервоар за твърд пълнител на термостатния клапан с подгриващо електрическо съпротивление: 1-стебло; 2-твърд пълнител; 3-електрически подгревател.



Вентилаторът служи да осигурява необходимия поток въздух през радиатора и обикновено се разполага зад радиатора в специален направляващ кожух. Задвижването на вентилаторите може да се осъществи от колянвия вал (директно, с ремъчна или друга предавка) или от електродвигател.

Широко разпространен вариант е вентилаторът да се монтира на вала на помпата и да се задвижват с ремъчна предавка. Такава конструкция има редица недостатъци:

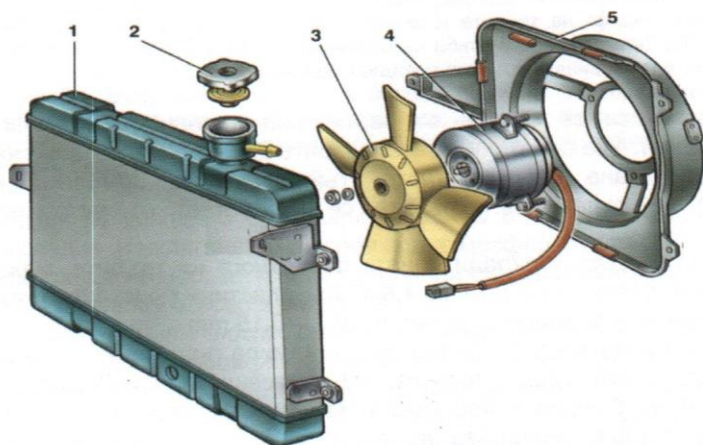
- двигателят може да се монтира само надлъжно на автомобила, а радиаторът-непосредствено пред вентилатора;

- вентилаторът работи винаги когато работи двигателя, независимо от температурата на охлаждащата течност;

- дебита на въздуха осигуряван от вентилатора зависи от скоростта на въртене на колянвия вал.

За да се избегнат загубите на мощност за задвижване на вентилатора при частични натоварвания и ниски температури на околната среда, между вала на помпата и вентилатора може да се монтира електромагнитен или вискозен съединител, чрез които движението към вентилатора се предава само при високи температури на охлаждащата течност.

Решение за преодоляване на посочените недостатъци е задвижването от електродвигател (фиг. 4.7). При тази конструкция вентилаторът 3 се монтира към вала на електродвигателя 4, който заедно с кожуха 5 е закрепен към радиатора 1.

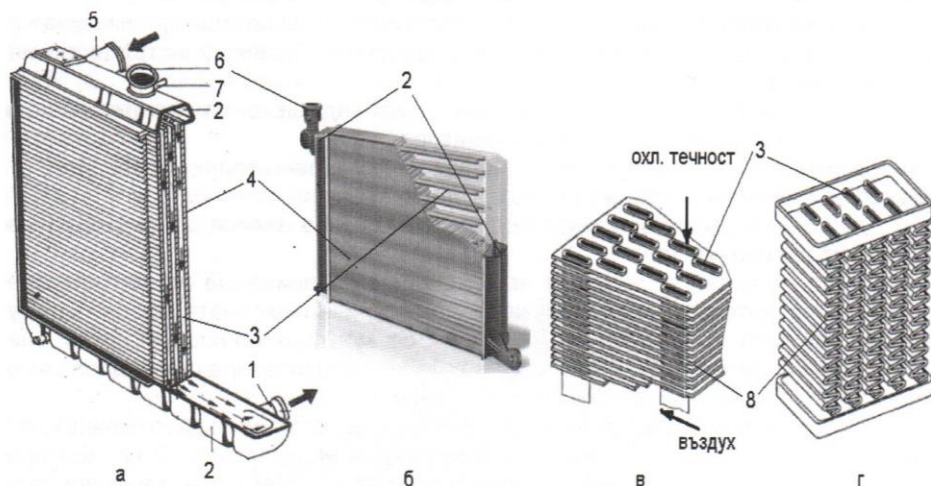


Фиг. 4.7. Задвижване на вентилатора от електродвигател: 1-радиатор; 2-паровъздушен клапан; 3-вентилатор; 4-електродвигател; 5-направляващ кожух.

Радиаторът, направляващият кожух и електродвигателят с вентилатора образуват самостоятелен възел, независещ от разположението на двигателя. Електродвигателят се включва чрез преобразувателя 6 (фиг. 4.1) само при високи температури на охлаждащата течност, с което се избягват загубите на мощност за задвижване при ниски температури. Дебитът на въздуха, осигуряван от вентилатора се регулира, като се осъществява работа на електродвигателя на два скоростни режима.

Радиаторът е теплообменник, чрез който охлаждащата течност предава топлината на околната среда (въздуха).

Радиаторът (фиг. 4.8) се състои от тръбно-пластинкова сърцевина 4 съставена от тръби 3 и пластини 8, резервоари 2, гърловина 6, входна 5 и изходяща 1 тръби, пароотвеждаща тръба 7.



Фиг. 4.8. Радиатори: а – радиатор със сърцевина с вертикални тръби и горен и долен резервоари; б – с хоризонтални тръби на сърцевината и странични резервоари; в – сърцевина с шахматно разположение на тръбите и плоски пластини; г – сърцевина с гофрирана лента: 1 – изходяща тръба; 2 – резервоари; 3 – тръби на сърцевината; 4 – тръбно-пластинкова сърцевина; 5 – входяща тръба; 6 – гърловина; 7 – тръба към компенсационния съд; 8 – пластини.

Сърцевината се състои от вертикални овални тръби (фиг. 4.8 а), краищата на които са свързани с резервоарите 2. Овалното сечение на тръбите е за предпочитане пред кръглото, тъй като има по-голяма контактна повърхнина на охлаждане. Тръбите се изработват от мед, месинг или алуминий.

За да се увеличи охладителната повърхност на тръбите, между тях се поставят гофрирана лента 8 (фиг. 4.8 г) или пластини (фиг. 4.8 в), изработени от мед, месинг или алуминий с дебелина 0,1 – 0,15 mm.

В горния резервоар на радиатора се намира гърловината 6 за запълване на системата с охлаждаща течност. На гърловината 6 има пароотвеждаща тръба 7. Тръбата 5 служи за постъпване на течността от охладителната риза на двигателя в горния резервоар на радиатора, а от тръбата 1 на долния резервоар на радиатора се подава охладената течност към центробежната помпа. Горният и долният резервоар се изработват от мед, месинг, алуминий или термоустойчиви пластмаси. Медните и месинговите резервоари се запояват, а алуминиевите се заваряват към сърцевината. Пластмасовите резервоари, се свързват със сърцевината чрез специални скоби или чрез завалцоване.

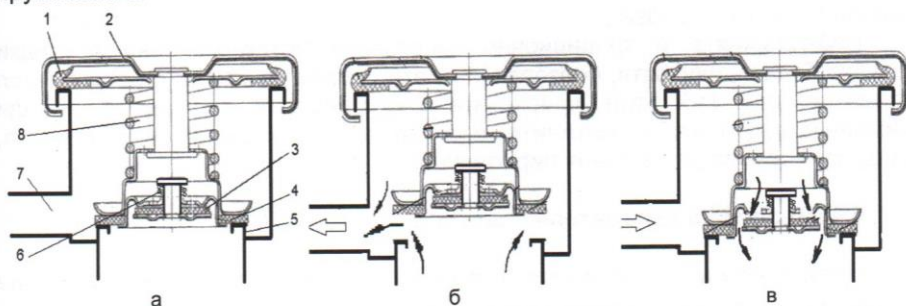
Радиаторът може да се монтира така, че тръбите от сърцевината да са хоризонтални, а резервоарите странични (фиг. 4.8 б).

Медните и месингови радиатори имат по-голяма маса и са по-скъпи, затова в съвременните двигатели са предпочитани радиаторите с алуминиева сърцевина и пластмасови резервоари.



Паровъздушният клапан (фиг. 4.9 а) се монтира към капачката 2, затваряща гърловината на радиатора и се състои от два клапана: парен 4 и въздушен 3 с гумени уплътнения.

В съвременните автотракторни двигатели нормалната работна температура надхвърля  $100^{\circ}\text{C}$  и може да достигне  $130-140^{\circ}\text{C}$ . За да не кипят охлаждащите течности при тези температури, в охладителната система се поддържа налягане до  $0,13 - 0,155 \text{ MPa}$  чрез парния клапан 4. След пускането на двигателя температурата на охлаждащата течност и налягането в системата се повишават. При прекомерно увеличаване температурата на охлаждащата течност налягането в системата се увеличава над допустимата граница, клапанът 4 се отваря (фиг. 9 б), при което част от течността излиза от гърловината 5 на радиатора и през тръбата 7 преминава в разширителния съд. Налягането на отваряне на парния клапан зависи от натегнатостта на пружината 8.



Фиг. 4.9. Паровъздушен клапан: а-устройство на клапана; б-отворен парен клапан; в-отворен въздушен клапан: 1-уплътнение на гърловината; 2-капачка; 3-въздушен клапан; 4-парен клапан; 5-гърловина; 6-пружина на въздушния клапан; 7-тръба за разширителния съд; 8-пружина на парния клапан.

Въздушният клапан 3 се отваря (фиг. 4.9 в), когато температурата в системата спадне и налягането намалее под атмосферното с  $0,001 - 0,01 \text{ MPa}$ . Тогава охлаждаща течност от компенсационния съд преминава през клапана 3 и тръбата 7 и постъпва отново в радиатора.

Охлаждащата течност оказва влияние върху ефективността на системата чрез своите специфична топлина и топлопроводност. Течностите с по-висока специфична топлина поемат повече топлина и системите могат да работят с по-малко количество течност. При увеличаване на топлопроводността на течността може да се намали скоростта на циркуляция.

Основните изисквания към течността са:

- да осигурява ефективен топлообмен;
- да предпазва и от замръзване, и от прегряване;
- да предпазва металните повърхности от корозия;
- съвместима с пластмаси и изделия от каучук;
- химически стабилна и при ниски, и при високи температури;
- съвместима с твърда вода;
- слабо пенлива;
- екологично чиста и без токсични свойства.

В съвременните автотракторни двигатели се използват нискозамръзващи течности наречени антифризи. Охлаждащите течности с ниска температура на замръзване, са разтвори обикновено на етиленгликол или пропиленгликол с

вода и антикорозионни присадки. Етиленгликолят е двувалентен алкохол – вискозна безцветна течност, която има температура на замръзване 261,5 K (-11,5°C) и добре се смесва с водата. При смесване на вода с етиленгликол температурата на замръзване на водата се понижава

До определена концентрация на водата се понижава също и температурата на замръзване на етиленгликола. Най-ниска температура (-75°C) на замръзване на сместа се получава при съотношение 66,7% етиленгликол и 33,3% вода (евтектична смес).

Изключително важно и задължително свойство на антифриза е защитата от корозия на металните части на двигателя и охладителната система. Металите, които се нуждаят от защита, са четири основни групи:

- желязо, стомана и сив лят чугун;
- алуминиеви сплави във вид на отливки или щамповани детайли;
- мед и месинг;
- припои на оловна основа.

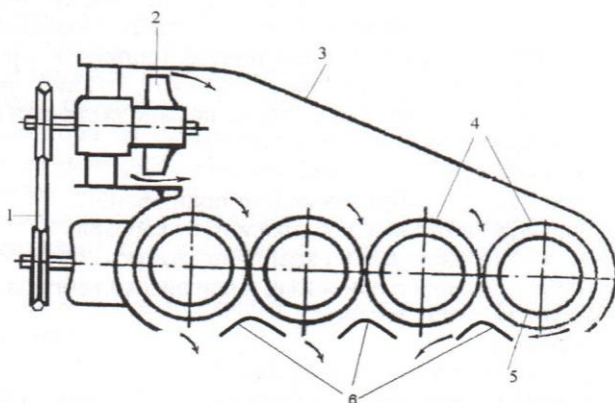
Най-типичните и традиционно използвани антикорозионни присадки включват борати, фосфати, бензоати, нитрати, силикати, меркаптобензодиазол и толитриазол. Тъй като присадките се изчерпват с времето поради взаимодействието си с металите или другите субстанции в системата, антифризът трябва да се сменя периодично.

#### 4.4. Въздушна охладителна система

Цилиндриите и цилиндровите глави в двигателите с въздушно охлаждане са оребрани с цел увеличаване на охладителната им повърхнина. Охлаждането се осъществява от въздух преминаващ между ребрата, при което топлината се предава от ребрата към преминаващия между тях въздух.

При превозни средства с достатъчно висока скорост на движение и с двигатели с малък ходов обем може да се разчита на насрещния въздушен поток за охлаждането (мотоциклети и мотопеди).

В автотракторните двигатели с въздушно охлаждане (фиг. 4.10), необходимия за охлаждането въздух се осигурява от вентилатора 2 задвижван от колянвия вал на двигателя чрез ремъчната предавка 1.



Фиг 4.10. Схема на въздушна охладителна система: 1-ремъчна предавка; 2-вентилатор; 3-кожух; 4-ребра; 5-цилиндри, 6-дефлектори



От вентилатора въздушния поток чрез кожуха 3 се насочва към цилиндрите и цилиндровите глави. Дефлекторите 6 осигуряват равномерно обдухване на цилиндрите.

В редовите двигатели вентилаторът се разполага отпред или встрани, а при V-образните между двата реда цилиндри.

Въздухът може да се нагнетява към цилиндрите или изсмуква. При нагнетяване плътността на въздуха и по-голяма и охлаждането по-ефективно.

Въздушната охладителна система, в сравнение с течностната, има следните предимства: проста е по конструкция, удобна е за експлоатация, има малка маса, бързо се подгрява двигателят. Недостатъци са: големи загуби на мощност за задвижване на вентилатора, повишеното ниво на шума, повишеното топлинно натоварване на някои от частите, поради неравномерното им охлаждане.

## Глава 5. Смазочна система

### 5.1 Общи сведения. Видове

Смазочната система служи да подава масло към триещите се части с цел да намали механичните загуби от триене и износването на детайлите, както и да охлажда.

Масления слой между триещите се повърхнини намалява загубите от триене, охлажда триещите се части и премахва продуктите от износването.

Загубите от триене са най-малки при течното триене, но този вид триене за някои триещи се двойки в двигателите (бутални пръстени - цилиндър, бутален болт - отвори на буталото) е трудно осъществимо. При много тежки условия работи и триещата двойка стъбло на изпускателния клапан - водач. От високата температура на клапана, маслото коксува и тази двойка работи в условия на полутечно, а дори и на сухо триене. Маслото може да се използва за охлаждане на буталата в двигателите с по-голямо топлинно натоварване.

Според начина на подаване на масло към триещите се детайли, смазочните системи се делят на работещи чрез плискане, чрез принудително подаване на маслото (под налягане) и чрез комбинирано смазване.

*Смазване чрез плискане на маслото* се осъществява, като върху капака на долната глава на мотовилката се оформя издатък (черпак). Този черпак се потапя в маслото при преминаването през ДМТ и разплисква маслото от маслената вана, като капки попадат върху триещите се повърхнини или в канали, разположени над тези повърхнини. Този начин на смазване има редица недостатъци: повишен разход на масло, бързо окисляване на маслото, недобро смазване на триещите се повърхнини. Намира приложение в някои малки нискооборотни двигатели.

При *смазване под налягане* маслото се подава към триещите се двойки принудително от помпа, под налягане.

В автотракторните двигатели най-голямо приложение е намерила *комбинираната система за смазване*. При тази система масло под налягане се подава към най-натоварените триещи се възли – лагерите на колянвия, разпределителния и балансиращи валове, осите на кобилиците, лагери на турбокомпресора и др.. В някои двигатели, под налягане се смазват и буталният болт, повдигачите на клапаните и други двойки. Останалите триещи части се смазват чрез плискане или от стичащото се масло.

Според мястото на съхранение на маслото, смазочните системи биват с *мокър* или със *сух* картер. В *системите с мокър картер* основното количество масло се намира в маслената вана.

При *двигатели със сух картер* маслото се съхранява в отделен резервоар извън картера на двигателя. Маслото, което се стича в маслената вана, веднага се изсмуква чрез сонди от специална помпа и се подава в резервоара. Системите със сух картер са намерили приложение в двигателите на машините, работещи по силно наклонени терени.

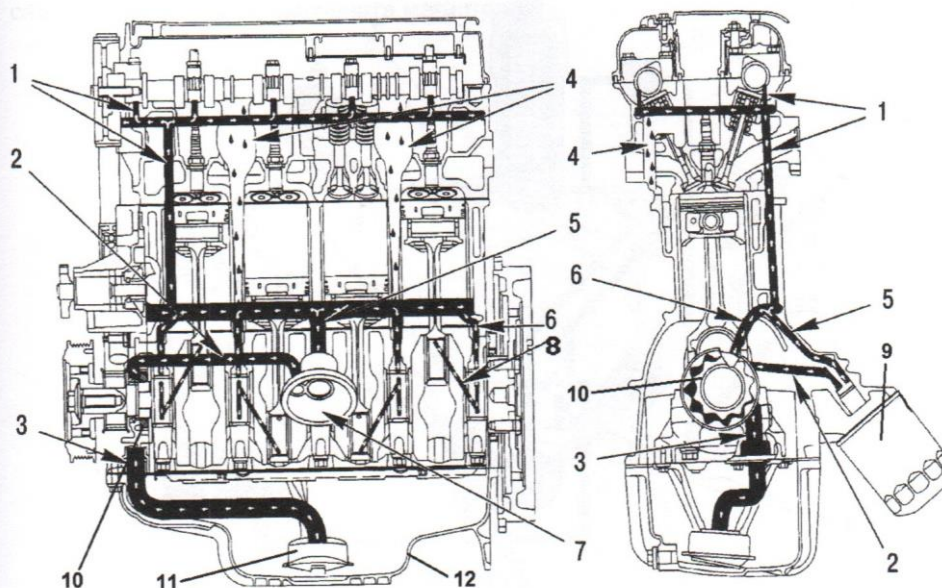
### 5.2. Комбинирана смазочна система

На фиг. 5.1 е показана комбинирана смазочна система с мокър картер.

В маслената вана 12 се поддържа определено ниво на маслото, така че маслоприемника 11 да е потопен в него. Тръбопроводът 3 свързва



маслоприемника с маслената помпа 10. Маслото от помпата, по канала 2 се подава в тялото 7 с масления филтър 9. Пречистеното масло от филтъра постъпва в маслената магистрала изградена от каналите 5, 6 и 1.

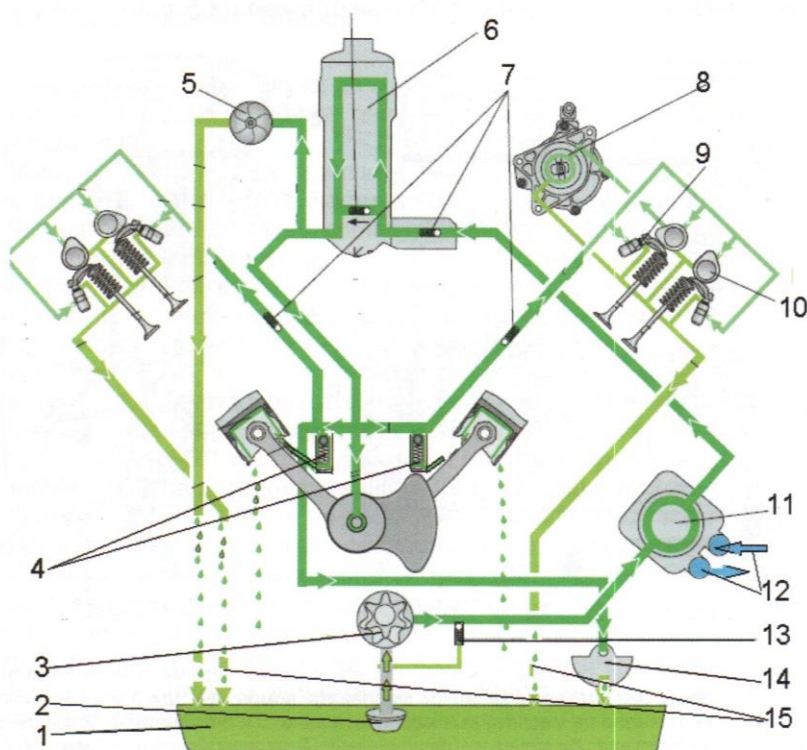


Фиг. 5.1. Смазочна система с мокър картер: 1-канали на маслената магистрала в цилиндровата глава; 2-нагнетателен канал от маслената помпа към филтъра; 3-всмукателен канал; 4-канали за оттичане на маслото към маслената вана; 5 и 6-нагнетателни канали в блок-картера; 7-тяло на филтъра; 8-канали в колянния вал; 9-маслен филтър; 10-маслена помпа; 11-маслоприемник; 12-маслена вана;

Маслената помпа 10 се задвижва от колянния вал и при работа на двигателя засмуква масло от маслената вана 12 чрез маслоприемника 11 и го подава под налягане към масления филтър 9. Пречистеното масло постъпва в надлъжния канал 5 на маслената магистрала и по напречните канали 6 достига до основните лагери на колянния вал, а по каналите 8 в него – до мотовилковите лагери. Чрез каналите 1 в цилиндровата глава, маслото се подава към лагерите на разпределителния вал и в зависимост от конструкцията на ГРМ и до оста с кобилиците, хидравличните компенсатори, устройствата за изменение фазите на газоразпределение и др.

При V-образните двигатели е необходимо масло да достига до цилиндровите глави на двата реда цилиндри. Към много двигатели се вграждат допълнителни агрегати като: турбокомпресор, бутален компресор за спирачната система на автомобила, вакуумпомпа за сервоусилвателя, горивонагнетателни помпи с принудително мазане и др.. Тези агрегати се нуждаят също от надеждно мазане и в смазочната система се предвиждат канали, както за подаване на масло под налягане към тях, така и за отвеждане на излишното от тях масло към маслената вана. На фиг. 5.2 е показана

циркуляцията на маслото в смазочната система на V-образен двигател с допълнителни агрегати и охлаждане на буталата.

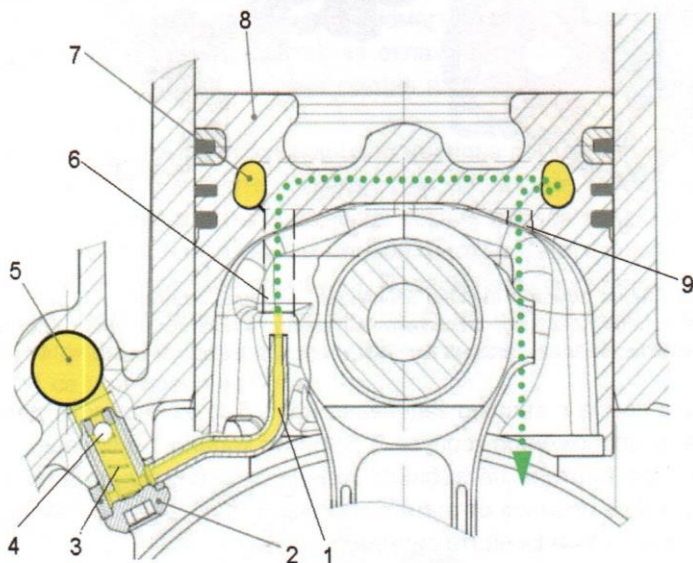


Фиг. 5.2. Смазочна система на V-образен двигател: 1-маслена вана; 2-маслоприемник; 3-маслена помпа; 4-разпръсквачи; 5-турбокомпресор; 6-маслен филтър; 7-възвратни клапани; 8-вакуумпомпа; 9-хидравлични компенсатори; 10-разпределителен вал; 11-топлообменник за охлаждане на маслото; 12-поток на охлаждаща течност; 13-клапан за ограничаване на максималното налягане; 14-балансиращ вал; 15-поток на изтичащото масло към маслената вана.

Подаваното от маслената помпа 3 масло под налягане преминава през теплообменника 11 и след това постъпва в масления филтър 6. В теплообменника маслото се охлажда от циркулиращата в него течност от охладителната система на двигателя. Пречистеното масло, след филтъра се разделя на няколко потока – към лагерите на турбокомпресора 5, към лагерите на колянвия и балансиращия 14 валове и към цилиндровите глави. В цилиндровите глави маслото достига до всички лагери на разпределителните валове 10, хидравличните компенсатори 9 и до задвижваната от единия от разпределителните валове вакуумна помпа 8. Клапанът 13 ограничава нарастването на налягането над определена стойност, а възвратните клапани 7 не позволяват оттичане на маслото от маслената магистрала обратно в маслената вана след спиране на двигателя. Чрез разпръсквачите 4 се впръсква



масло към дъната на буталата за по-интензивното им охлаждане. Разпръсквачите 1 (фиг. 5.3) се монтират под цилиндъра, от страната на картера и са насочени към буталата 8. Посредством щуцера 2 разпръсквачът се свързва с канала 5 от маслената магистрала.



Фиг. 5.3. Охлаждане на буталата от смазочната система: 1-разпръсквач; 2-щуцер; 3-пружина; 4-клапан; 5-маслена магистрала; 6-вертикален канал в буталото; 7-пръстеновиден канал в буталото; 8-бутало; 9-отвор за изтичане на маслото.

В щуцера е вграден клапанът 4 с пружината 3. При намалено налягане в маслената магистрала клапанът 4 не пропуска масло към разпръсквача, с което се осигурява надеждно мазане на частите на колянотовилковия и газоразпределителния механизми.

За подобряване на охлаждането в буталото се изработва пръстеновиден канал 7, в който маслото постъпва през вертикалния канал 6. При преминаване през пръстеновидния канал маслото отнема топлина от буталото и през отвора 9 изтича в маслената вана.

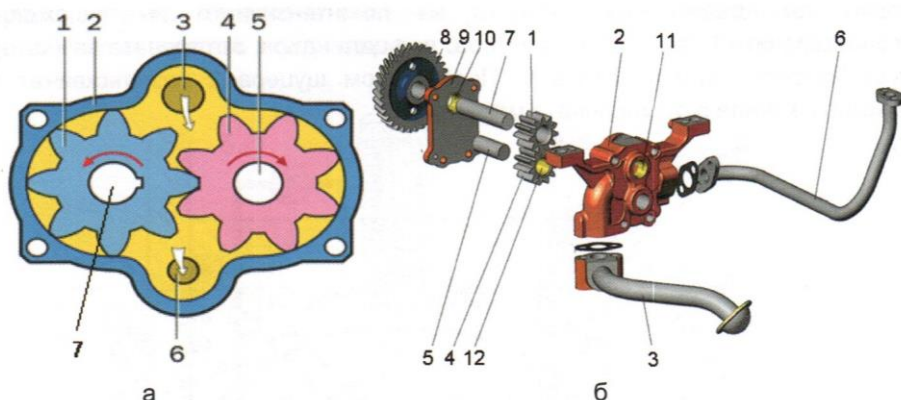
### 5.3. Възли на смазочната система

Основните възли на смазочните системи са маслените помпи, маслени филтри, маслени радиатори и топлообменници.

Маслените помпи, намерили приложение в смазочните системи на двигателите, са зъбни, роторни, пластинкови и бутални. Буталните помпи имат малък дебит и подават маслото неравномерно и са намерили ограничено приложение в малолитражни двигатели.

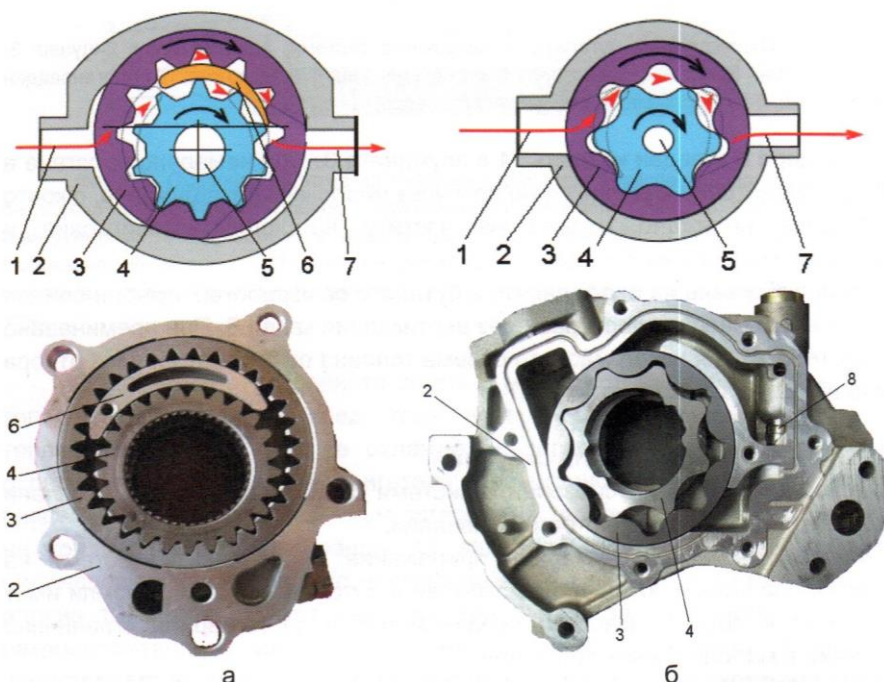
Според конструкцията си зъбните помпи биват:

- с външно зацепване (фиг. 5.4);
- с вътрешно зацепване (фиг. 5.5а и 5.5 б).



Фиг. 5.4. Зъбна помпа с външно зацепване: а-схема; б-детайли на зъбната помпа; 1-водещо зъбно колело; 2-корпус; 3-всмукателен канал; 4-водимо колело; 5-ос на водимото колело, 6-нагнетателен канал; 7-водещ вал; 8-задвижващо колело; 9-капак; 10, 11 и 12-лагери.

Зъбната помпа с външно зацепване (фиг. 5.4) се състои от двойка зъбни колела 1 и 4, разположени в корпуса 2. Зъбното колело 1 е водещо, а колелото 3 – водимо. При въртене на зъбните колела, маслото от канала 3 попада в междוזъбията и се пренася от зъбите на колелата в нагнетателния канал 6, от където се изпраща в смазочната система на двигателя.



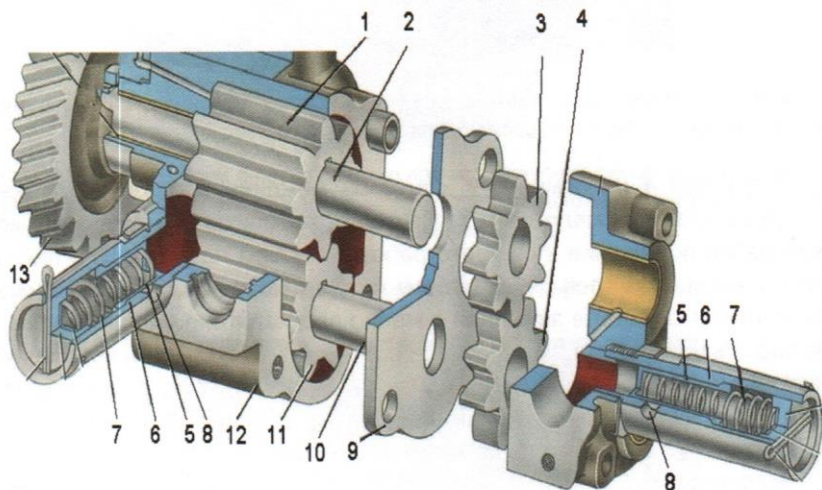
Фиг. 5.5. Помпи с вътрешно зацепване: а-зъбна; б-бироторна; 1-всмукателен канал; 2-корпус; 3-водимо колело; 4-водещо колело 5-задвижващ вал; 6-разделителен елемент; 7-нагнетателен канал; 8-клапан.



Зъбните колела в помпите с вътрешно зацепване имат еднаква посока на въртене. Действието им е аналогично на помпите с външно зацепване.

В много автотракторни двигатели се поставят помпи с две или три помпени секции, едната от които е главна и подава масло в смазочната система на двигателя, а другите са спомагателни. Спомагателните секции подават масло към маслен радиатор за охлаждане, към центробежен филтър за пречистване и др. Всяка помпена секция има една двойца зъбни колела и редукционен клапан.

На фиг. 5.6 е показана двусекционна маслена помпа. Основната помпена секция се състои от зъбните колела 1 и 11 и има по-голям дебит от спомагателната. Спомагателната помпена секция подава масло към радиатор за охлаждане или към центробежен маслен филтър. Двете помпени секции са разделени една от друга чрез плочата 9. Водящото зъбно колело на основната секция 1 и на спомагателната 3 се монтират на вала 2, който чрез зъбното колело 13 получава движението от колянвия вал на двигателя. Водимите колела 4 и 11 са монтирани на оста 10.



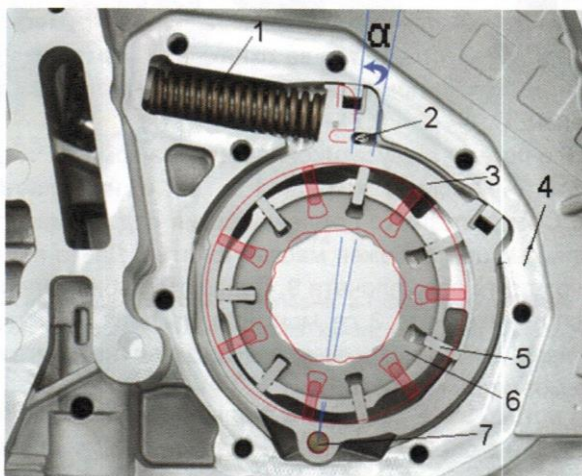
Фиг. 5.6. Двусекционна зъбна маслена помпа: 1 и 11 – съответно водящо и водимо колело на основната секция; 2-вал; 3 и 4 - водящо и водимо колело на спомагателната секция; 5-редукционен клапан; 6-корпус на клапана; 7-пружина; 8-сливнен отвор на клапана; 9-разделителна плоча; 10-ос; 12-корпус на помпата; 13-задвижващо колело.

Редукционният клапан 5 се отваря при повишаване налягането на маслото над определена граница. Регулира се чрез изменение натегнатостта на пружината 7. Клапанът може да бъде цилиндричен или сачмен.

За задвижването на маслената помпа се изразходва част от мощността на двигателя. При поддържане на налягане над 0,4 – 0,5 МПа в системата, износването на частите не намалява, но се увеличават загубите за задвижване.

Нарастването на налягането може да се ограничи чрез редукционен клапан или чрез намаляване на дебита на помпата.

На фиг. 5.7 е показана пластинкова помпа с регулируем дебит.



Фиг. 5.7. Пластинкова помпа с регулируем дебит: 1-пружина; 2-обем с масло под налягане; 3-междинен корпус; 4-корпус; 5-пластини; 6-ротор; 7-ос.

В корпуса 4 на помпата е монтиран междинният корпус 3, така че да може да се завърта около оста 7. Пружината 1 притиска междинния корпус в крайно дясно положение, при което работният обем на помпата е най-голям и се осигурява максимален дебит. Обемът 2 (зад междинния корпус) е свързан с нагнетателния канал и е запълнен с масло под налягане. Маслото чрез своето налягане създава сила, стремяща се да завърти междинния корпус. При нарастване на налягането над 0,4 МПа създадената сила става по-голяма от силата на пружината и междинният корпус се завърта на ъгъл  $\alpha$  с което работният обем т.е. дебита на помпата намалява.

Маслените филтри служат да очистват маслото от попаднали в него частици от износването на частите, нагар и др. и биват: груби, фини и центробежни.

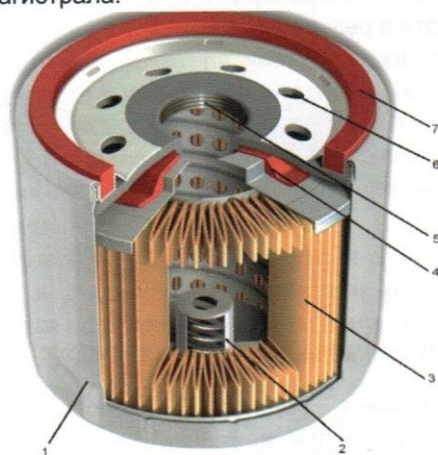
Грубите филтри задържат по-едри частици (с размери 30 – 60  $\mu\text{m}$ ) и се прилагат в комбинация с фин филтър за последващо доочистване на маслото. В съвременните двигатели грубите филтри не намират приложение.

Фините филтри задържат частици с размер до 1  $\mu\text{m}$  и биват неразглобяеми и разглобяеми със сменяем филтриращ елемент.

Масления филтър за фино пречистване на маслото, показан на фиг. 5.8, е неразглобяем, пълнопоточен и намира широко приложение в съвременните автотракторни двигатели. Филтърът се закрепва към блока на двигателя, като се завива в резбови крайник, свързващ го с маслената магистрала чрез резбата в отвора 5.

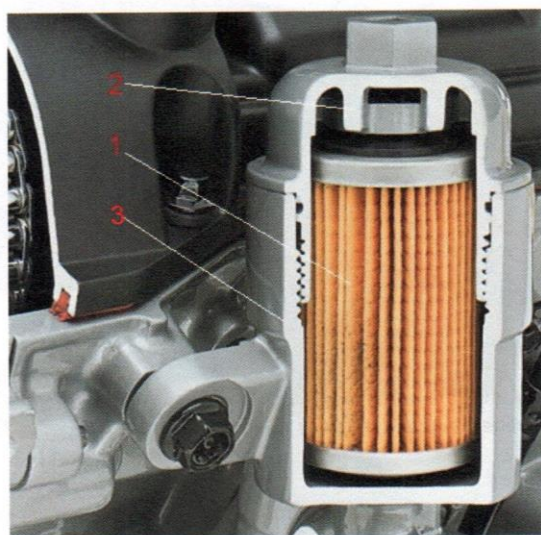


Маслото, от маслената помпа, постъпва във филтъра през отворите 6. Маслото преминава през хартиения филтриращ елемент 3 и през отвора 5 – в главната маслена магистрала на двигателя. Частиците попаднали в маслото се задържат от филтърната хартия. Клапанът 4 предотвратява изтичането на маслото от смазочната система обратно в маслената вана при изключен двигател. При замърсен филтриращ елемент налягането на маслото в корпуса 1 на филтъра нараства и клапанът 2 се отваря, като пропуска непочистено масло към маслената магистрала.



Фиг. 5.8. Неразглобем филтър за фино пречистване: 1-корпус; 2-предпазен клапан; 3-филтриращ елемент; 4-възвратен клапан; 5-резбови отвор за монтаж на филтъра и отвеждане на пречистеното масло; 6-входящи отвори; 7-уплътнение.

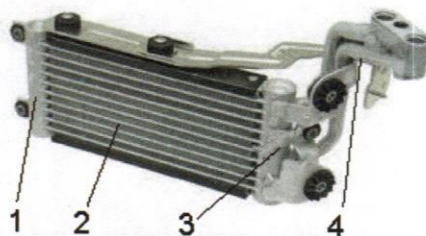
На фиг. 5.9 е показан разглобем маслен филтър.



Фиг. 5.9. Разглобем филтър: 1-сменяем филтриращ елемент; 2-капак; 3-корпус.

Разглобяемите филтри се състоят от корпус 3, монтиран към двигателя, сменяем филтърен елемент 1 и капак 2 на корпуса.

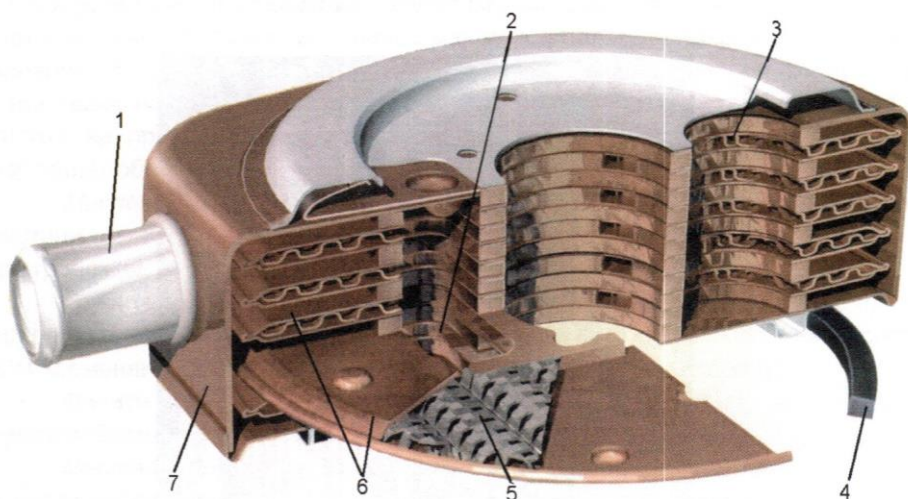
Маслените радиатори служат да охлаждат маслото в двигатели, работещи с големи натоварвания. Биват два вида: въздушно - маслени и течностно - маслени. Във въздушно-маслените (фиг. 5.10) охлаждането на маслото се осъществява с въздух. Състоят се от сърцевина 2, изградена от плоски алуминиеви тръби, с тънки пластини между тях за увеличаване площта на топлоотдаване, два резервоара 1 и 3 с тръбопроводи 4 за подаване и отвеждане на маслото в резервоарите.



Фиг. 5.10. Въздушно-маслен радиатор: 1 и 3-резервоари; 2-сърцевина; 4-тръбопроводи.

Въздушно-масленият радиатор се поставя пред радиатора на охладителната система и при движението на автомобила сърцевината на радиатора се обдухва от настречния поток въздух.

Във течностно-маслените радиатори (фиг. 5.11) охлаждането на маслото се осъществява от течността от охладителната система.



Фиг. 5.11. Течностно-маслен радиатор: 1-щуцер за охлаждаща течност; 2-входящ отвор за маслото; 3-изходящ отвор; 4-уплътнение; 5-пластина; 6-плочи; 7-корпус.



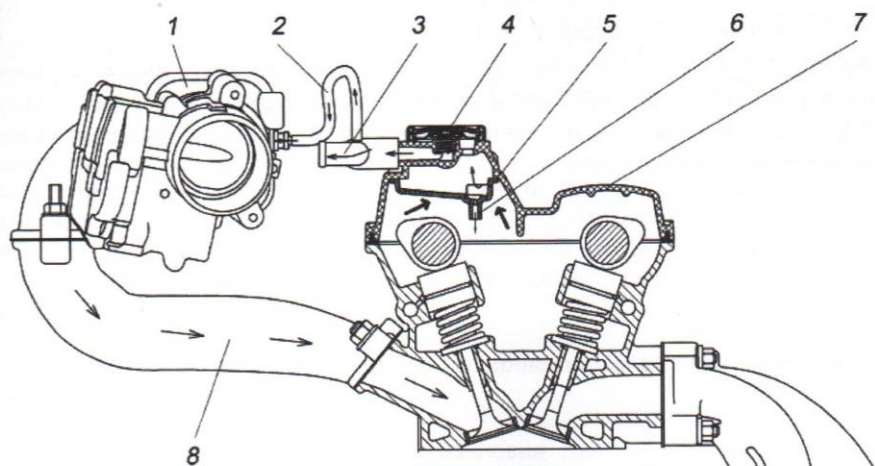
Радиаторът е изграден от няколко плочи 6, в които циркулира маслото. Пакетът от плочи е монтиран в корпуса 7, към който чрез щуцера 1 се подава охлаждаща течност. Охлаждането на маслото се осъществява чрез топлопредаване през стените на плочите към охлаждащата течност. Пластините 5 усилват турбулентността на масления поток в плочите за по-добро топлоотдаване.

#### 5.4. Вентилация на картера

По време на работа на двигателя част от газовете преминава през неплътностите между буталото и цилиндъра в картера. Тези газове се наричат картерни газове и съдържат горивни и водни пари, въглеродороди, серни и азотни окиси и други продукти на горенето, които влошават качеството на маслото. Чрез вентилация на картера се намалява вредното въздействие на картерните газове върху маслото.

Изпускането на картерните газове директно в атмосферата замърсява околната среда. Затова в съвременните двигатели се прилагат затворени системи работещи за сметка на разреждането във всмукателната система.

Капакът 7 (фиг. 5.12) на клапаните на цилиндровата глава е свързан посредством тръбопроводите 2 и 3 с пълнителната система на двигателя. Под въздействие на разреждането картерните газове заедно с капки масло постъпват в цилиндровата глава, а след това в пространството между капака и маслоотражателя 5.

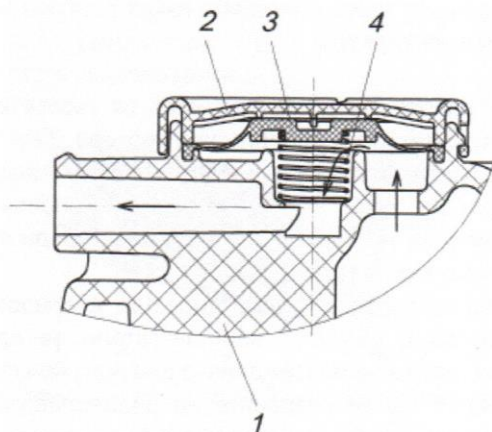


Фиг. 5.12. Система за вентилация на картерните газове: 1-дроселен възел; 2 и 3-тръбопроводи; 4-клапан; 5-маслоотражател; 6-тръба за изтичане на отделеното масло; 7-капак на цилиндровата глава; 8-пълнителен тръбопровод.

Преминавайки през лабиринт образуван от прегради на маслоотражателя и капака, маслените пари и капки се отделят от картерните

газове и през тръбата 6 изтичат в цилиндровата глава. Очистените картерни газове постъпват в пълнителната система, а оттам в цилиндрите.

При работа на двигателя на празен ход картерните газове се подават по тръбонпровода 2 зад дроселната клапа, а при натоварване – по тръбопровода 3 в участъка между въздушния филтър и клапата. Клапанът 4 служи да поддържа постоянно налягане в картера.



Фиг. 5.13. Клапан за поддържане на постоянно налягане: 1-капак на клапаните; 2-капачка; 3-мембрана; 4-пружина.

Клапанът (фиг. 5.13) се състои от мембраната 3 и пружината 4 разположени в капачката 2. В зависимост от разреждането в пълнителната система, мембраната, преодолявайки усилието на пружината променя положението си, с което променя сечението на канала, свързващ капака на клапаните с пълнителната система. При високо разреждане (например силно замърсен въздушен филтър) клапанът може да затвори напълно канала за изсмукване на картерните газове.



## **Глава 6. Хранителни системи на бензиновите двигатели**

### **6.1. Общи сведения**

Пълнотата и скоростта на изгаряне на горивото зависят не само от общото съотношение на количествата на горивото и въздуха (въздушното отношение), но и от хомогенността на сместа.

Хомогенна е такава смес, при която около всяка молекула гориво има еднакво количество молекули кислород и азот от въздуха. Смес на вещества в различно агрегатно състояние (капки гориво и въздух) е винаги нехомогенна и се нарича още двуфазна.

Смесването на газообразно гориво с въздух протича вследствие на дифузно проникване на единия газ в другия. Хомогенността се постига по-бързо, когато съотношението на обемите на смесваните вещества е по-близо до единица.

Образуването на смес от въздух и течно гориво се затруднява от различното им агрегатно състояние. Дифузият процес на смесване трябва да бъде предшестван от изпарение на горивото. Получаването на стехиометрична хомогенна горивна смес допълнително се затруднява от факта, че съотношението на обема на горивните пари на бензина към обема въздух е около 1:60.

Бензиновите двигатели с директно впръскване в цилиндъра, на частични натоварвания работят с разслоени смеси, но и в тях горивото трябва да бъде напълно изпарено преди да бъде смесено с въздуха, в точно определено съотношение в отделните слоеве.

Времето за изпарение на горивото се намалява чрез увеличаване на площта му на изпарение. За целта горивото се разпръсква, в постъпващия към цилиндрите въздух, на фини капки. Размерът на капките, т.е. увеличението на площта на изпарение зависи от конструкцията на разпръскващите устройства и условията на разпръскване. За подобряване на смесообразуването, карбураторните системи постепенно биват измествани от системите за впръскване на бензин чрез дюзи. Размерът на капките гориво зависи от налягането на горивото, подавано към дюзите. При впръскване в пълнителната система налягането на разпръскване е  $0,2-0,5 \text{ MPa}$ , а при директно впръскване в цилиндъра  $0,9-1,5 \text{ MPa}$ . Чрез впръскването на горивото с дюзи се подобрява раздробяването на горивото на фини капки, дозирането по цилиндри, коефициента на пълнене и др.

### **6.2. Горивни смеси, въздушно отношение, идеална характеристика на дозиращата система.**

Хранителната система на бензиновия двигател трябва да осигурява необходимата по количество и състав горивна смес в зависимост от режима на работа на двигателя.

По време на експлоатация автотракторните двигатели работят на различни, постоянно променящи се режими – режим на пълно натоварване, на частични натоварвания, празен ход с минимална устойчива честота на въртене, принудителен празен ход, ускоряване и др..

За осигуряване работата на двигателя на различните режими, към цилиндрите се подава различна по количество горивна смес. Регулирането на количеството на горивната смес се осъществява чрез дроселна клапа. При различните дозиращи системи, дроселната клапа дозира или предварително подготвената горивна смес или само въздуха, като смесообразуването протича след нея – в пълнителния канал или в цилиндъра.

За получаването на оптимални мощностно-икономически и екологични показатели на двигателя е необходимо да се подава горивна смес с подходящ състав.

Съставът на сместа се характеризира с въздушното отношение на горивната смес  $\alpha$ .

Количеството на въздуха участващ в процеса на горене може да бъде повече или по-малко от теоретически необходимото за пълното изгаряне на горивото.

Отношението на действителното количество въздух, участвал в горивния процес, към теоретически необходимото за пълното изгаряне на горивото се нарича въздушно отношение  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{L}{L_0} = \frac{l}{l_0}$$

където:

$L, l$  е действителното количество въздух, участвало при изгарянето на  $1\text{ kg}$  гориво, изразено съответно в  $\text{kmol}$  и в  $\text{kg}$ ;

$L_0, l_0$  – най-малкото количество въздух, необходимо за пълното изгаряне на горивото, се нарича теоретически необходимо количество въздух.

Ако в горивната смес, действителното количество въздух е повече от теоретически необходимото ( $L > L_0$ ;  $l > l_0$ ), то следва, че  $\alpha > 1$ . Такава горивна смес се нарича бедна (бедна на гориво). При работа с такива смеси горивото изгаря напълно и в отработилите газове ще има неизразходван кислород.

Ако  $L = L_0$ , съответно  $l = l_0$ , то  $\alpha = 1$  и сместа се нарича стехиометрична или още нормална. При нормалните горивни смеси горивото се окислява напълно, а отработените газове не съдържат свободен кислород защото е напълно изразходван при протичането на горивния процес.

В случай, че действителното количество въздух е по-малко от теоретически необходимото ( $L < L_0$ ;  $l < l_0$ ), то  $\alpha < 1$ . Такава горивна смес се нарича богата (на гориво). При богатите горивни смеси част от горивото не успява да се окисли поради недостиг на кислород.

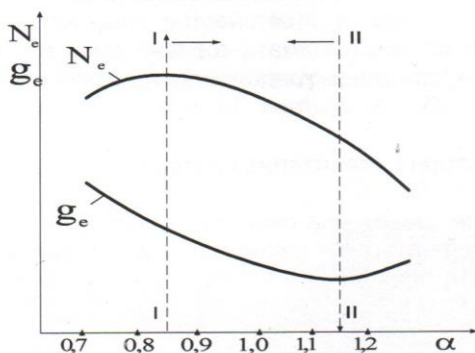
Мощностните и икономическите показатели на двигателите зависят от състава на сместа. На фиг. 6.1 е показана регулировъчна характеристика на бензинов двигател по състава на сместа. От характеристиката се разбира, че двигателите развиват максимална мощност  $N_e$  (kN) при леко обогатена смес с въздушно отношение  $\alpha = 0,8 - 0,9$ .

При работа с по-богати горивни смеси  $\alpha < 0,8$  мощността намалява, а специфичният ефективен разход на гориво  $g_e$  (g/kWh) значително се повишава. За по-голяма икономичност е по-добре да се подава горивна смес с  $\alpha > 0,8$  (в дясно от линия I – I), тогава мощността пак намалява, но разхода на гориво е значително по-нисък.

Двигателите работят най-икономично с леко обеднени горивни смеси  $\alpha = 1,1 - 1,15$ . При работа със смеси с въздушно отношение  $\alpha > 1,15$  разходът на



гориво отново се повишава, а мощността рязко намалява затова е по-добре да се осигуряват смеси с  $\alpha < 1,15$  (на ляво от линията II – II).

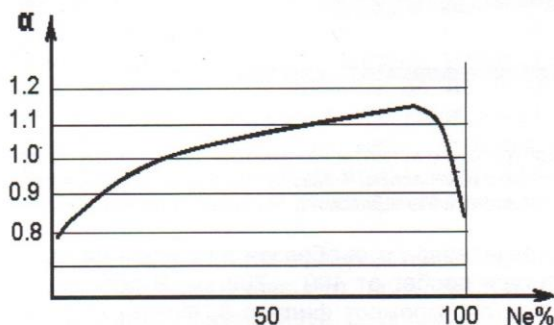


Фиг. 6.1. Регулировъчна характеристика по състава на сместа

От направения анализ може да се направи извода, че двигателят има по-добри показатели ако работи с горивни смеси с въздушно отношение в областта между линиите I-I и II-II (фиг. 6.1).

Идеалната характеристика (фиг. 6.2) показва как трябва да се променя въздушното отношение  $\alpha$  на горивната смес в зависимост от натоварването на двигателя.

При работа на двигателя на празен ход и съвсем малки натоварвания, условията за възпламеняване и изгаряне на сместа са влошени поради по-голямото количество остатъчни газове и по-ниските температури в края на съгъстяването. За да се осигури надеждно възпламеняване и горене на празен ход и малки натоварвания към цилиндрите трябва да се подава обогатена смес със състав  $\alpha = 0,7 - 0,8$  (фиг. 6.2).



Фиг. 6.2. Идеална характеристика на дозиращата система.

При средните натоварвания, от двигателя не се изисква да развие максималната си мощност и по тази причина е целесъобразно да се подават обеднени горивни смеси за получаване на максимална икономичност ( $\alpha = 1,1 - 1,15$ ). При пълно натоварване от двигателя се изисква максимална мощност,

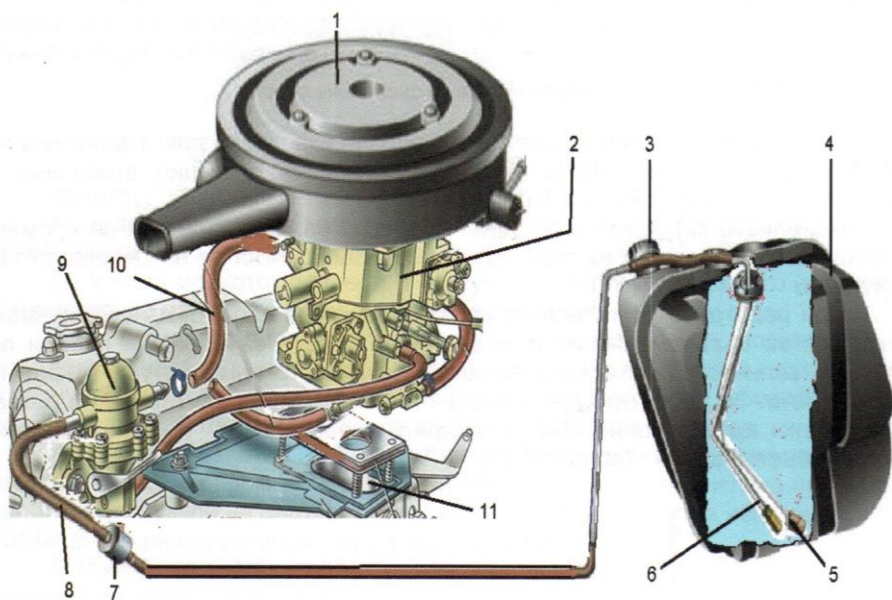
която се получава при обогатени смеси, затова дозиращата система трябва да обогати сместа до  $\alpha = 0,8-0,9$ .

### 6.3. Хранителни системи на бензиновите двигатели.

Осигуряването на необходимата горивна смес може да се осъществи чрез карбураторни хранителни уредби или чрез системи с впръскване на бензина.

#### 6.3.1. Карбураторна хранителна система

Карбураторната хранителна система се състои от резервоар за гориво 4 (фиг. 6.3), горивен филтър 7, горивоподкачваща помпа 9, карбуратор 2, тръбопроводи 8 и въздушен филтър 1.



Фиг. 6.3. Карбураторна хранителна система: 1-въздушен филтър; 2-карбуратор; 3-капачка на гърловината на резервоара; 4-резервоар; 5-нивомер; 6-сонда; 7-горивен филтър; 8 и 10-тръбопроводи; 9-горивоподкачваща помпа; 11-пълнителен тръбопровод.

Обемът на резервоара е съобразен с разхода на гориво от автомобила, така че да се осигури пробег от 400 – 700 км. В резервоара са разположени нивомера 5 и сондата с мрежест филтър 6. Филтърът 7 очисти горивото от механични примеси. Горивоподкачващата помпа служи да подава горивото от резервоара към по-високо разположения карбуратор 2. В карбуратора въздухът, преминал през въздушния филтър се смесва с горивото и се образува необходимата по състав и количество горивовъздушна смес. Образованата в карбуратора горивна смес, по пълнителния тръбопровод 11, достига до пълнителните клапани на всеки цилиндър.

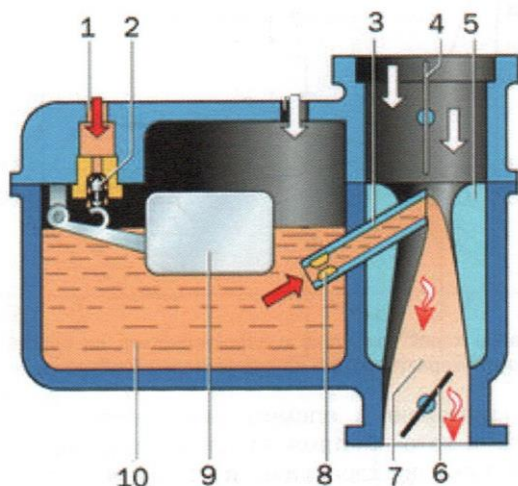


Към карбуратора се поставят високи изисквания за точност на дозирането на горивото, за осигуряването на подходяща по състав горивна смес в зависимост от режима на работа на двигателя.

Карбураторите работят на принципа на пулверизиране на горивото.

На фиг. 6.4 е показано устройството и действието на елементарен карбуратор.

Елементарният карбуратор се състои от: поплавкова камера 10; дифузьор 5; разпръсквач 3; горивен жигльор 8; смесителна камера 7 и дроселна клапа 6.



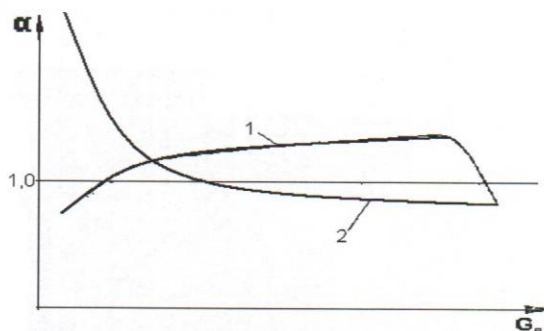
Фиг. 6.4. Карбуратор: 1-вход на горивото; 2-иглен клапан; 3-разпръсквач; 4-въздушна клапа; 5-дифузьор; 6-дроселна клапа; 7-смесителна камера; 8-горивен жигльор; 9-поплавок; 10-поплавкова камера.

Горивото, подавано от горивоподкачващата помпа постъпва в поплавковата камера 10. Поплавъкът 9, чрез игления клапан 2, поддържа постоянно ниво на горивото, което е с няколко милиметра по-ниско от изходящия отвор на разпръсквача 3, така че да не може да изтича при неработещ двигател. Горивният жигльор 8 е с калиброван отвор, от чието сечение зависи разхода на гориво през него. Дифузьорът 5 намалява сечението на канала, по който се движи въздухът. Чрез дроселната клапа се изменя количеството на подаваната към двигателя горивна смес за регулиране на мощността.

По време на работа на двигателя въздухът преминава през дифузьора и смесителната камера. При преминаването през дифузьора скоростта на въздуха се увеличава поради намаленото сечение, което е съпроводено с намаляване на налягането в зоната на изходящия край на разпръсквача. Под действие на полученото разреждане, горивото изтича в най-тесното сечение на дифузьора, където е и най-голяма скоростта на въздуха. Високата скорост на въздушната струя раздробява изтичащото от разпръсквача гориво на малки капки, с което се увеличава площта на изпарение и се създават условия за по-бързото му смесване.

Въздушното отношение на горивната смес зависи от разхода на въздух през дифузьора и от разхода на гориво през горивния жигльор. Характеристиката на елементарния карбуратор не съответства на желаната (идеалната) характеристика (фиг. 6.5).

Елементарният карбуратор осигурява значително обеднена горивна смес при работа на празен ход и малки натоварвания, когато за нормалната работа е необходима обогатена смес, а при средни натоварвания – богата смес, при условие, че е необходима обеднена ( $\alpha=1,1-1,15$ ).



Фиг. 6.5. Идеална характеристика и характеристика на елементарния карбуратор: 1-идеална характеристика; 2-характеристика на елементарен карбуратор.

Чрез вграждане в елементарния карбуратор на допълнителни устройства и системи като: система за празен ход, икономайзер, икономостат, коригиращи устройства и др. характеристиката му може да бъде коригирана до близка на идеалната (фиг. 6.6).

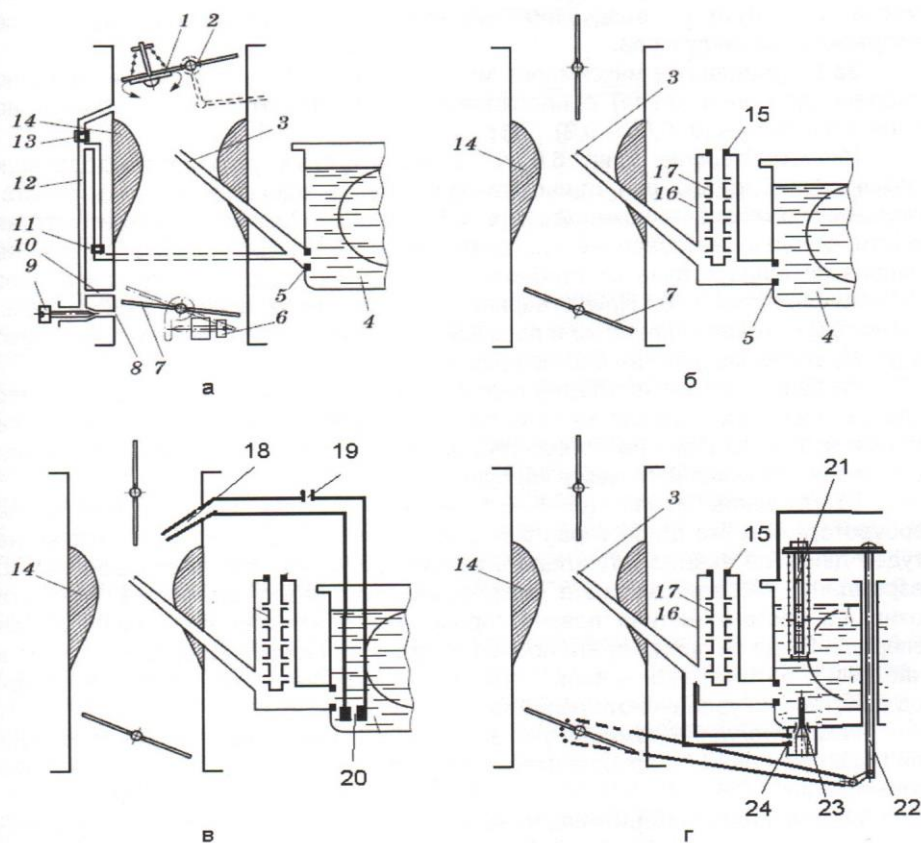
*Системата за празен ход* осигурява необходимата по количество и състав горивна смес за работа на двигателя без товар, с минимална устойчива честота. При този режим на работа, дроселната клапа е затворена, разреждането в дифузьора е много малко, поради малкия разход на въздух, и през разпръсквача не изтича гориво.

Системата за празен ход (фиг. 6.6 а) има канал 8, разположен под дроселната клапа и канал 10 - непосредствено над нея. При работа на празен ход, под дроселната клапа се създава високо разреждане, което през канала 8 се предава към горивния жигльор 11, въздушния жигльор 13 и канала 10. Под действието на разреждането, в канала 12 постъпва гориво от поплавковата камера през жигльора 11, което се смесва с въздух преминал през въздушния жигльор 13. Получената емулсия се разрежда допълнително с въздух, постъпващ през канала 10 и изтича под дроселната клапа. Горивната смес се получава след смесването на емулсията с въздуха, преминал покрай дроселната клапа. Когато дроселната клапа започне да се отваря, каналът 10 остава под нея и през него започва да изтича допълнително емулсия, с което се компенсира увеличеното количество въздух и предотвратява преобедняването на сместа.

*Главната дозираща система* трябва да осигурява обеднена горивна смес при работа на частични натоварвания, докато елементарният карбуратор подава обогатена. В карбураторите са намерили приложение следните методи за коригиране състава на сместа: намаляване разреждането пред главния горивен жигльор; намаляване разреждането в дифузьора; изменение сечението



на горивния жигльор; включване на компенсационна система. Най-голямо приложение са намерили карбураторите с намаляване разреждането пред главния горивен жигльор (фиг. 6.6 б). Към главната дозираща система на този карбуратор е включен компенсационен кладенец 16, свързан с атмосферата чрез въздушния жигльор 15. При работещ двигател, разреждането в дифузъора чрез разпръсквача 3 се предава едновременно към горивния и въздушния жигльор. Постъпилият през въздушния жигльор въздух намалява разреждането пред горивния жигльор и през него изтича по-малко гориво, с което се постига необходимото обедняване на сместа.



Фиг. 6.6. Допълнителни системи и устройства в карбуратора: а-система за празен ход; б-главна дозираща система с намалено разреждане пред горивния жигльор; в-иконостат; г-икономайзер; 1-клапан; 2-въздушна клапа; 3-разпръсквач; 4-поплавкова камера; 5-горивен жигльор на главната дозираща система; 6 и 9-регулирущи винтове; 7-дроселна клапа; 8, 10 и 12-каналы на системата за празен ход; 11-горивен жигльор; 13-въздушен жигльор; 14-дифузьор; 15-въздушен жигльор на главната дозираща система; 16-горивен кладенец; 17-емулсионна тръба; 18-разпръсквач на иконостата; 19-въздушен жигльор на иконостата; 20-горивен жигльор на иконостата; 21-стебло; 22-лостова система; 23-клапан на икономайзера; 24-горивен жигльор на икономайзера.

Приложението на описания метод за корекция може да доведе до преобедняване на сместа и загуба на мощност при работа на двигателя на високи честоти със средни и високи натоварвания.

*Иконостатите* (фиг. 6.6 в) предотвратяват преобедняването на сместа на посочените режими, чрез подаване на допълнително гориво към горивовъздушната смес. Разпръсквачът 18 на иконостата се разполага над разпръсквача на главната дозираща система. При голям разход на въздух през карбуратора (при високи честоти и натоварвания) разреждането в зоната на дифузора и над него се увеличава и през разпръсквача на иконостата се предава към горивния жигльор 20. Горивото преминало през жигльора се смесва с въздуха от въздушния жигльор 19 и образуваната емулсия се разпръсква над дифузора.

За получаване на максимална мощност при пълно натоварване (напълно отворена дроселна клапа) е необходимо горивната смес да се обогати до мощностен състав ( $\alpha=0,85 - 0,9$ ).

*Икономайзерите* (фиг. 6.6 г) са обогатителни устройства, подаващи допълнително гориво при пълно натоварване за обогатяването на сместа. Икономайзерът има горивен жигльор 24 с клапан 23. Когато двигателят не работи с пълно натоварване клапанът не пропуска гориво. Отварянето на клапана се осъществява от стеблото 21, свързано с дроселната клапа чрез лостовата система 22. При отваряне на дроселната клапа на 80 – 90%, стеблото 21 отваря клапана 23 и през жигльора 24 изтича допълнително гориво за достигане на мощностен състав на сместа.

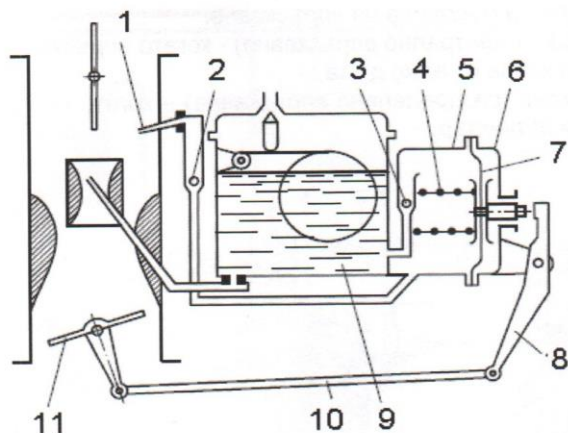
За лесно пускане на студен двигател, е необходима богата горивна смес и да са създадени условия за по-интензивно изпарение на горивото, което се постига чрез създаване на голямо разреждане в карбуратора. Това се постига чрез въздушна клапа или пусков карбуратор.

*Въздушната клапа* (фиг. 6.6 а) се монтира над дифузора на карбуратора и може да се управлява ръчно или автоматично. При пускане на студен двигател въздушната клапа 2 се затваря, и под нея се създава високо разреждане. Поради високото разреждане, от разпръсквача на главната дозираща система изтича повече гориво, което започва интензивно да се изпарява. За да се предотврати преобогатяване на сместа, въздушната клапа е снабдена с автоматичен клапан 1, който при пускане на двигателя се отваря под действие на увеличеното разреждане.

*Ускорителната помпа* служи за кратковременно обогатяване на сместа при бързо отваряне на дроселната клапа. Ускорителните помпи биват бутални и мембранни.

Мембранната ускорителна помпа (фиг. 6.7) се състои от мембрана 7, възвратна пружина 4, пълнителен клапан 3, нагнетателен клапан 2, разпръсквач 1 и механизъм за задвижване, изграден от лостове 8 и 10.





Фиг. 6.7. Ускорителна помпа: 1-разпръсквач; 2-нагнетателен клапан; 3-всмукателен клапан; 4-пружина; 5-камера на ускорителната помпа; 6-капак; 7-мембрана; 8- и 10-лостова система; 9-поплавкова камера; 11-дроселна клапа.

При затваряне на дроселната клапа, пружината 4 отласква мембраната в крайно дясно положение, при което гориво от поплавковата камера постъпва в работната камера 5. При отваряне на дроселната клапа, лостовата система премества мембраната наляво, при което горивото се изтласква към разпръсквача 1 за впръскване.

Карбураторното смесообразуване има редица недостатъци. Независимо от вградените допълнителни системи и устройства, горивната смес, подавана от карбуратора при отделните режими на работа се различава от оптималната с  $\pm 4\%$ . Друг съществен недостатък е неравномерното разпределение на горивото по цилиндри и по цикли. При карбураторното смесообразуване, част от капките гориво падат върху долната стена на пълнителния канал и образуват пълзящ горивен слой.

Отклоненията от оптималния състав, неравномерността на подаване на горивото и пълзящия горивен слой са причина за намаляване мощността и увеличаване разхода на гориво и количеството на токсични вещества в отработените газове. Освен това, за намаляване дебелината на пълзящия горивен слой се прилага подгръвяне на долната стена на пълнителния канал, което намалява плътността на сместа и допълнително влошава мощността на двигателя. Поради различната дължина на пълнителните канали до отделните цилиндри се получават и различия в степента им на запълване.

### 6.3.2. Хранителни системи с впръскване на горивото

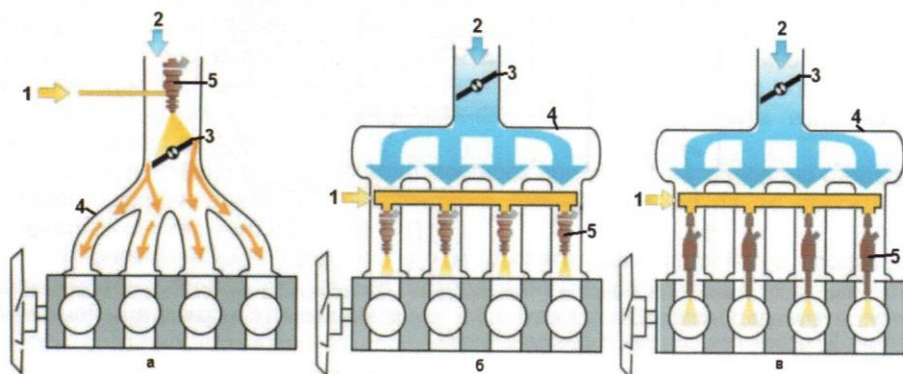
Системите за впръскване на бензин се класифицират по следните признаци:

*според мястото, където се впръсква горивото:*

- в пълнителната система, извън цилиндрите - с централно впръскване (фиг. 6.8 а) и с разпределено впръскване (фиг. 6.8 б);
- в цилиндрите на двигателя (директно впръскване) - (фиг. 6.8 в).

според броя на местата на впръскване:

- едноточкови ( централно впръскване) - когато впръскването се извършва пред дроселната клапа от една дюза ;
- многоточкови (разпределено впръскване) – когато горивото се впръсква отделно за всеки цилиндър.



Фиг. 6.8. Разположение на дюзите и дължини на пълнителните канали при централно и разпределено впръскване: а-централно впръскване; б-разпределено впръскване, в-директно впръскване в цилиндрите.

според начина на подаване на горивото:

- системи с непрекъснато впръскване;
- системи с импулсно (циклично) впръскване.

според начина на управление на количеството впръснатото гориво:

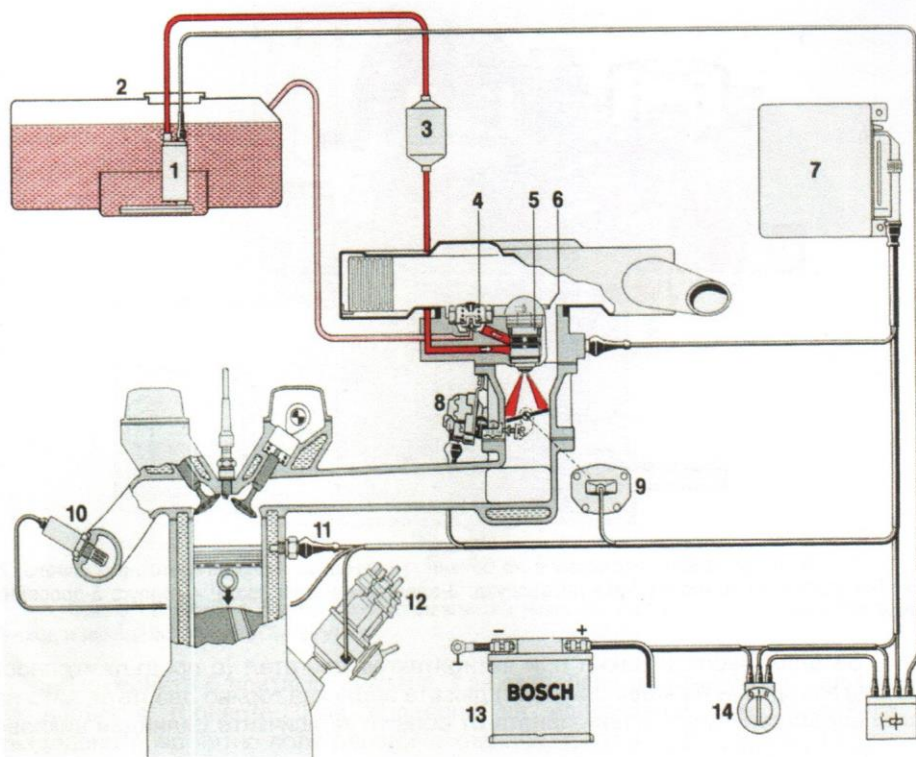
- системи с механично управление;
- системи с електронно управление.

В съвременните двигатели са намерили приложение главно системите с циклично впръскване и електронно управление.

### **Хранителна система с централно впръскване**

Системата с централно впръскване ("MONO-JETRONIC" на BOSCH) (фиг. 6.9), се състои от: електрическа помпа 1, бензинов резервоар 2, фин горивен филтър 3, регулатор на налягането на горивото 4, електромагнитна дюза 5, електронен блок за управление /ЕБУ/ 7, регулатор за празен ход 8, преобразувател за положението на дроселовата клапа 9, преобразувател за температурата на охладителната течност 11, преобразувател за наличието на кислород в ОГ (лямбда-сонда) 10, прекъсвач-токоразпределител 12, акумулатор 13, контактен ключ 14.

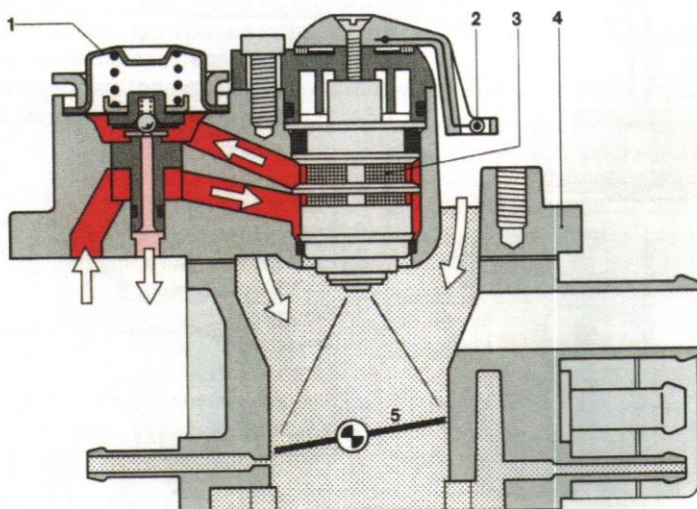




Фиг. 6.9. Схема на горивна уредба с централно впръскване: 1– електрическа горивна помпа; 2– резервоар за гориво; 3–горивен филтър; 4–регулатор на налягането; 5–дюза; 6–преобразувател за температурата на въздуха; 7–ЕБУ; 8 – устройство за регулиране честотата на празен ход; 9–преобразувател за положението на дроселната клапа; 10–кислороден преобразувател; 11–преобразувател за температурата на охлаждащата течност; 12–прекъсвач-разпределител; 13–акумулаторна батерия; 14– контктен ключ;

В системите с централно впръскване се използва една електромагнитна дюза 3 (фиг. 6.10) разположена над дифузьора на смесообразуващото устройство. Горивото се подава към дюзата под налягане 0,1-0,2 МПа поддържано от регулатора 1. Дюзата впръсква горивото при подаване на електрическо напрежение към електромагнитната ѝ намотка. Продължителността на впръскване зависи от времето на подаване на напрежение. Чрез изменение продължителността на подавания токов импулс се променя количеството впръскнато гориво.

За осигуряване на необходимото въздушно отношение на сместа, електронен блок за управление (ЕБУ) определя продължителността на токовия импулс в зависимост от разхода на въздух за цикъл. Информацията за разхода на въздух се получава чрез преобразувател за абсолютното налягане в пълнителния тръбопровод или чрез преобразуватели за положението на дроселната клапа и честотата на въртене.



Фиг. 6.10. Централно впръскване на бензин: 1-регулатор на налягането на горивото; 2-преобразувател за температурата на въздуха; 3-електромагнитна дюза; 4-корпус; 5-дроселна клапа.

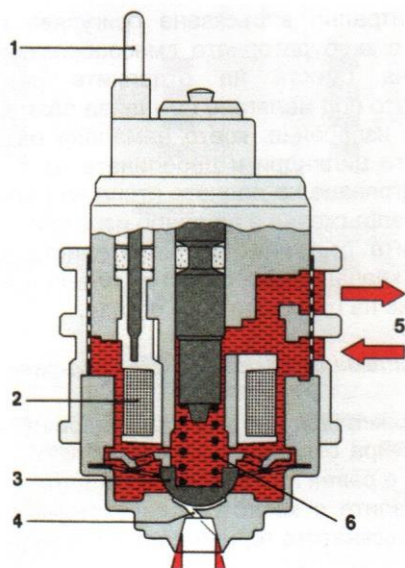
За един работен цикъл при четиритактов двигател (с продължителност  $720 \text{ deg}$  завъртане на колянвия вал) дюзата впръсква гориво два пъти, като на всяко впръскване подава половината от общото за всичките цилиндри циклово количество гориво.

Съвременните автомобилни двигатели са оборудвани с трикомпонентен каталитичен неутрализатор, който работи с максимална ефективност при  $\alpha=1,0$ . За осигуряване на стехиометрична горивна смес се използва кислороден преобразувател, монтиран към изпускателната система, следящ за наличието на кислород в отработените газове. На базата на получената информация от кислородния преобразувател ЕБУ коригира продължителността на впръскване за поддържане на  $\alpha=0,99-1,01$ .

При пускане на студен двигател, и намалена производителност на горивната помпа, поради изтощен акумулатор, ЕБУ съответно увеличава продължителността на впръскване на гориво за получаване на необходимия състав на гориво-въздушната смес. По време на прогряване, степента на обогатяване на горивната смес се изчислява от ЕБУ в зависимост от температурата на охлаждащата течност, а по време на ускоряване - въз основа на информация за температурното състояние на двигателя, скоростта на преместване и изходното положение на дроселовата клапа, както и от честотата на въртене на колянвия вал. Продължителността на впръскване се увеличава също щом дроселовата клапа се отвори на ъгъл по-голям от  $70$  градуса, т.е. на режим на пълна мощност.

Дюзата (фиг. 6.11) представлява електромагнитен, бързодействащ, нормално затворен хидравличен клапан.





Фиг. 6.11. Дюза: 1-клема; 2-електромагнитна намотка; 3-клапан; 4-тангенциален отвор; 5-вход и изход на горивото; 6-пружина.

Пружината 6 притиска клапана 3 за затваряне на каналите 4, чрез които се впръсква горивото. При подаване на напрежение към намотката 2, създаденото магнитно поле привлича клапана, който преодолявайки силата на пружината се повдига и отваря каналите за впръскване на гориво. След прекратяване подаването на напрежение, пружината затваря клапана и впръскването се прекратява.

Регулаторът на налягането на горивото е мембранен тип. Горивото постъпва от помпата в пространството под мембраната, което е свързано с дюзата. Клапанът на мембраната затваря канала, по който горивото се връща обратно в резервоара. Пространството над мембраната е свързано с тръбопровода след въздушния филтър. При повишаване на налягането на горивото, над определена стойност, мембраната с клапана се премества и последният отваря канала, по който част от горивото се връща в резервоара.

Преобразувателят за положението на дроселната клапа е потенциометричен тип. Поставен е на оста на дроселната клапа. ЕБУ получава от него два импулса за напрежение, големината на което е пропорционално на ъгъла на отваряне на дроселовата клапа. Съответният сигнал за всеки ъгъл на отваряне, се явява един от основните параметри, въз основа на които ЕБУ изчислява основното време за впръскване на горивото.

Преобразувателят за температурата на въздуха 2 (фиг. 6.10) е поставен на входа на смесителното устройство до дюзата. Преобразувателят за температурата на охлаждащата течност е монтиран в цилиндровата глава на двигателя.

Устройствата за регулиране честотата на въртене на празен ход са два вида:

- устройства, управляващи отварянето на дроселната клапа;
- устройства, регулиращи количеството на допълнителен въздух, подаван след дроселната клапа.

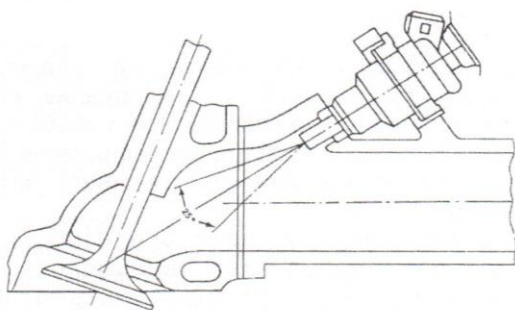
Системата с централно впръскване осигурява по-точно дозиране на горивото в сравнение с карбураторното смесобразуване и отклоненията от оптималния състав на сместа на отделните режими са минимални. Впръскването на горивото под налягане намалява размера на капките гориво и съкращава времето за изпарение, което намалява различията в състава на сместа между отделните цилиндри и дебелината на пълзящия горивен слой. Необходимостта от подгръване на долната стена на пълнителния колектор при системите с централно впръскване е по-слабо изразена.

Поради различните дължини на пълнителните канали от дроселната клапа до пълнителните клапани (фиг. 6.8 а ) на отделните цилиндри, проблемът с нееднаквото запълване на цилиндрите си остава.

### **Хранителна система с разпределено впръскване**

При системите с разпределено впръскване срещу пълнителния клапан на всеки цилиндър се монтира отделна дюза (фиг. 6.8 б). Така броят на местата (точките) за впръскване е равен на броя на цилиндрите.

Дюзите в двигателите с многоточкова система се разполагат така, че максимална част от впръскнатото гориво да попада върху пълнителния клапан (фиг. 6.12).



Фиг. 6.12. Разположение на дюзите при разпределено впръскване.

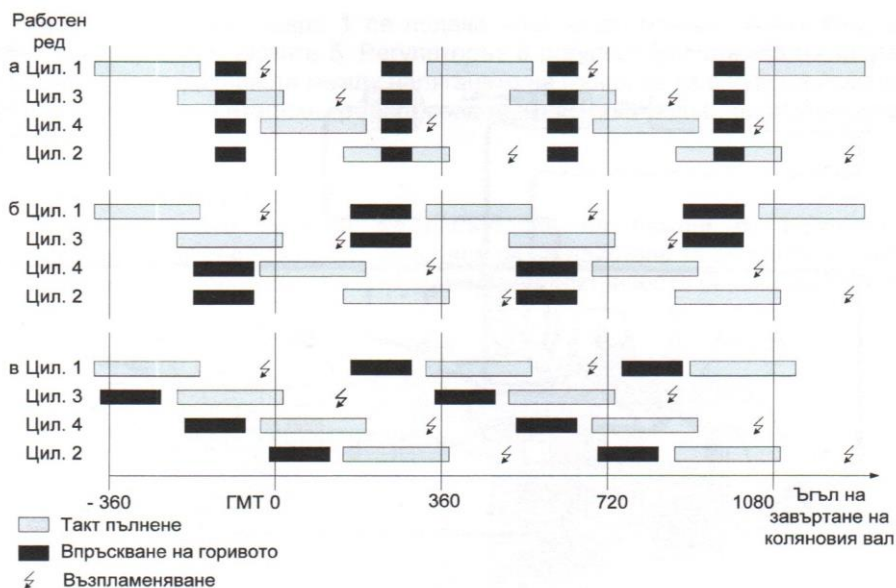
Смесобразуването започва в пълнителния канал, като при отварянето на пълнителния клапан въздухът увлича впръскнатото гориво в цилиндъра, където завършва процесът на изпарение и смесване на горивото с въздуха.

Влияние върху работния процес оказва и момента на впръскване, по ъгъл на завъртане на колянвия вал.

Впръскването на гориво при многоцилиндровите двигатели може да бъде синхронно, групово, последователно или индивидуално (фиг. 6.13).

При синхронното впръскване (фиг. 6.13 а) всички дюзи впръскват едновременно горивото. В този случай времето за изпарение на горивото до отварянето на пълнителния клапан е различно. За да се получи еднаквост в качеството на смесобразуване, цикловото количество гориво се впръсква на две части (т.е. на всяко едно завъртане на колянвия вал). При този начин на впръскване, в някой от цилиндрите част от горивото може да се впръсне директно през отворения клапан, без да има възможност за първоначално изпарение.





Фиг. 6.13. Момент на впръскване на горивото в отделните цилиндри: а-синхронно; б-групово; в-последователно.

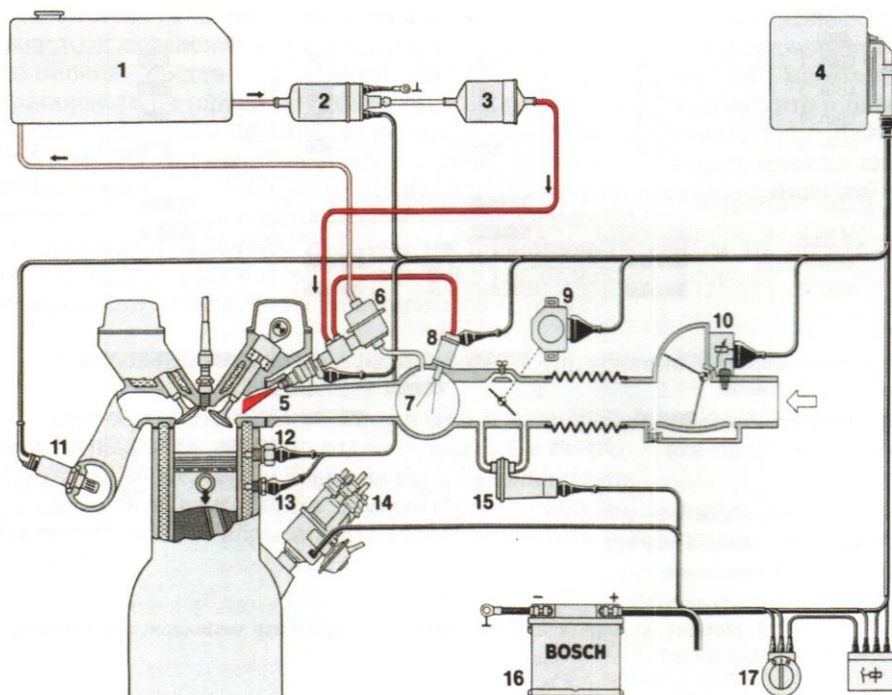
При груповото впръскване дюзите са разделени на две групи (фиг. 6.13 б). За едно завъртане на колянвия вал, дюзите от едната група впръскват цялото количество гориво за цикъла, а на следващото завъртане – дюзите от втората група. Такава работа на дюзите позволява да се изменя момента на впръскване в зависимост от режима на работа на двигателя и да се избегне нежеланото впръскване при отворен пълнителен клапан.

При последователното впръскване, дюзите работят самостоятелно, като продължителността и момента на впръскване за всеки цилиндър са еднакви (фиг. 6.13 в). Началото на впръскване може да се коригира в зависимост от режима на работа на двигателя.

Индивидуалното впръскване дава възможност за самостоятелно изменение на момента на впръскване за отделните цилиндри за компенсиране на неравномерността на процесите в тях.

Неравномерността на състава на сместа в двигателите с разпределено впръскване зависи от качеството на отделните дюзи да впръскват еднакво количество гориво.

Цикловото количество на впръскнатото гориво се определя от продължителността на впръскване на електромагнитната дюза. Основното време за впръскване, за даден режим на работа, се изчислява от електронния блок за управление на базата на получената информация за разхода на въздух от преобразувателя 10 (фиг. 6.14) и честотата на въртене от прекъсвач – разпределителя 14.



Фиг. 6.14. Схема на многоточкова система за впръскване на бензин: 1–резервоар за гориво; 2–електрическа горивна помпа; 3–горивен филтър; 4–електронен блок за управление (ЕБУ); 5–дюз; 6–горивен колектор с регулатор на налягането; 7–пълнителен колектор; 8–дюза за първоначално пускане на студен двигател; 9–преобразувател за положението на дроселната клапа; 10 – дебитомер на въздуха; 11 –кислороден преобразувател ( $\lambda$ -сонда); 12–топлинно реле за време; 13– преобразувател за температурата на двигателя; 14–прекъсвач-разпределител; 15–устройство за управление на допълнителния въздух; 16–акумулаторна батерия; 17–контактен ключ.

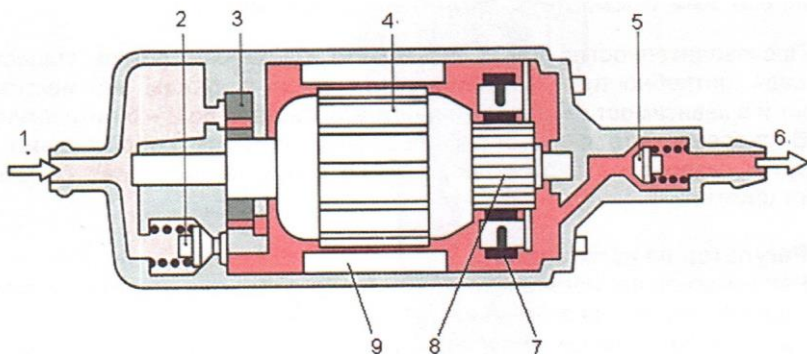
Основното време за впръскване може да бъде коригирано при определени режими на работа и изменения на температурата на въздуха и на двигателя. Поради влошените условия на работа при студен двигател *ЕБУ* увеличава времето за впръскване за обогатяване на сместа. Информация за температурното състояние на двигателя се получава от преобразувателя 13 за температурата на охлаждащата течност. Преобразувателят 9 монтиран към оста на дроселната клапа подава информация за положението на дроселната клапа и за скоростта ѝ на отваряне. При много бързо отваряне на клапата може да се получи моментно обедняване на сместа и в този случай се увеличава времето за впръскване. При напълно отворена клапа времето за впръскване също се увеличава за получаване на обогатена смес за максимална мощност. В някои системи обогатяването на сместа при напълно отворена дроселна клапа се осъществява чрез допълнителен импулс за впръскване. Кислородният преобразувател 11 следи за наличието на свободен кислород (работа с бедна смес) и при работа на частични натоварвания. *ЕБУ* работи в непрекъсната обратна връзка с него за поддържане на стехиометричен състав на сместа за оптимална работа на каталитичния неутрализатор.



Горивото от резервоара 1 се подава чрез електрическа помпа 2 през горивен филтър 3 към дюзите 5. Регулаторът 6 регулира налягането на входа на дюзите така, че разликата между налягането на горивото на входа на дюзата и налягането във пълнителния тръбопровод да бъде постоянна при различните режими на работа.

### Бензинови помпи

В съвременните системи за впръскване на бензин се използват електрически бензинови помпи. По принципа си на действие те се делят на два типа - обемни и центробежни. Конструкцията на електрическа бензинова помпа е показана на фиг. 6.15.



фиг. 6.15. Конструкция на електрическа бензинова помпа: 1- всмукателен канал; 2- клапан, ограничаващ максималното налягане; 3-помпа; 4-ротор на електродвигателя; 5- възвратен клапан; 6-нагнетателен щуцер; 7-четки на токоподаващото устройство; 8-колектор на ротора; 9-постоянни магнити на статора.

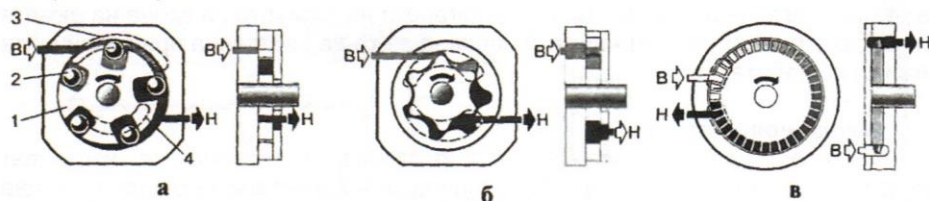
Електродвигателят на помпата се състои от ротор 4, четково токоподаващо устройство 7 и статор с постоянни магнити 9. На вала на ротора е монтирана помпата 3. При подаване на напрежение към електродвигателя, помпата задвижвана от ротора подава горивото, постъпващо от резервоара през всмукателния канал 1, под налягане към електродвигателя. Премайнавайки през електродвигателя горивото охлажда роторната намотка и през възвратния клапан 5 и нагнетателния канал 6 се подава към горивния филтър. Клапанът 2 ограничава повишаването на налягането над определена стойност, като по този начин предпазва електродвигателя от претоварване. Възвратният клапан 5 не позволява обратното връщане на горивото в резервоара след изключване на двигателя.

Работата на помпите обемен тип е основана на промяната на обемите на всмукващата и нагнетяващата камера. Към този тип се отнасят ролковите и зъбните помпи. Схеми на различните видове помпи са показани на фиг. 6.16. Зъбните помпи работят на принципа на маслените помпи в двигателите с вътрешно горене.

Ролковите помпи са способни да развият максимално налягане до 0,6-1,0 МПа, а зъбните – до 0,4 МПа. Такива помпи са намерили широко приложение в системите за раздельно впръскване.

Максималното налягане, развивано от центробежните помпи не превишава 0,3 МПа, но те се отличават със стабилен поток, практически без

пулсации на налягането. Такива помпи често се използват в системите за централно впръскване.



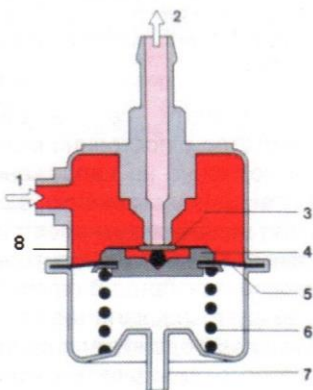
фиг. 6.16. Различни типове помпечи възли, използвани в съвременните бензинови помпи: а-ролкова; б-зъбна; в-центробежна; 1-ротор на помпата; 2- ролки; 3- всмукателен обем; 4- нагнетателен обем; В- всмукателен канал; Н- нагнетателен канал.

Производителността на съвременните бензинови помпи съществено превишава потребностите на двигателите дори в режим на максимална мощност и в зависимост от обема на двигателя съставлява до 2 – 5 литра/минута.

В съвременните системи за впръскване помпите са потопяеми и се монтират в резервоара вертикално, като на всмукателния канал се монтира мрежест филтър.

### Регулатор на налягането

Регулаторът на налягането (фиг. 6.17) поддържа постоянна разлика между налягането на горивото на входа на дюзите и налягането в пълнителния колектор. По този начин се осигурява количеството на впръскваното гориво да зависи само от времето, през което е отворена дюзата.



Фиг. 6.17. Регулатор на налягането: 1-вход на горивото; 2 – изход на горивото за връщане в резервоара; 3 – клапан; 4 – опора на клапана; 5 – мембрана; 6 – пружина за поддържане на налягането; 7 – изход за свързване със смукателния колектор, 8-корпус.

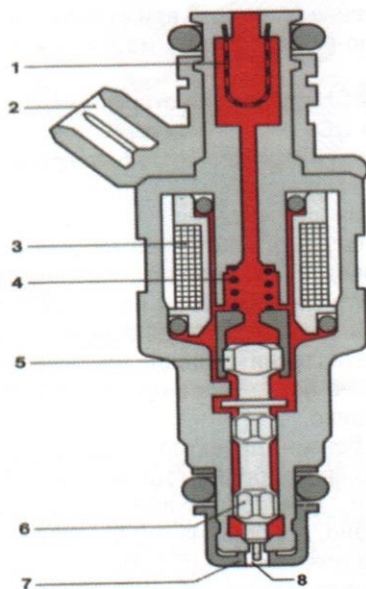
Мембраната 5 заедно с клапанната опора 4 е пресувана в корпуса на регулатора 8 и разделя регулатора на две камери. В долната камера, е поставена таританата пружина 6, а в горната камера, където постъпва горивото от рампата, се намира клапанът 3, затварящ изходящия канал 2. Когато налягането на горивото се повиши над необходимото, мембраната освобождава клапана, като се пропуска част от горивото през канала 2 към



резервоара. Долната камера на регулатора е свързана чрез тръбопровод с пълнителния колектор след дроселната клапа. При изменение на налягането в долната камера се променя налягането на горивото.

### Електромагнитни дюзи

Електромагнитната дюза (фиг. 6.18) служи да впръсква горивото под налягане.



Фиг. 6.18. Електромагнитна дюза: 1-филтър; 2-електрически куплунг; 3-електромагнитна намотка; 4-пружина; 5-котва; 6-игла на разпръсквача; 7-топлоизолационно калпаче; 8-отвор на разпръсквача.

Горивото постъпва в дюзата през филтъра 1. Чрез пружината 4, конусната игла 6 на разпръсквача затваря отвора за впръскване на горивото 8. При подаване на напрежение към електромагнитната намотка 3 се създава силно магнитно поле. Под действие на магнитното поле, котвата 5 с конусната игла 6 се повдига и през отвора 8 на разпръсквача се впръсква гориво. След прекъсването на подаване на напрежение към намотката, пружината премества иглата и затваря отвора за впръскване на горивото.

### Хранителни системи с директно впръскване на бензин

Чрез системите с директно впръскване може да се осигури работа на двигателя с:

- раслоена горивна смес;
- бедна хомогенна смес;
- хомогенна стехиометрична смес.

Директното впръскване на бензин има редица предимства:

- по-малък разход на гориво (до 25%) вследствие на намалените помпени и топлинни загуби;
- по-висока степен на сгъстяване;
- възможност за работа с по-нискооктанов бензин;

- по-голям коефициент на пълнене;
- изключване на впръскването по време на закъснително движение;
- подобрени преходни режими;
- по-малко необходимо обогатяване на сместа при ускорение;
- по-точен контрол на въздушното отношение;
- по-лесно пускане;
- по-малко обогатяване на сместа при студен старт;
- възможност за по-висока степен на рециркулация (за намаляване на дроселирането);
- намалени емисии  $CH$  при студен старт;
- намалени емисии  $CO_2$ ;
- по-голям механичен и ефективен к.п.д. на двигателя;
- по-висока литрова мощност;
- по-добра пъргавина на двигателя.

При карбураторните двигатели и двигателите с впръскване на бензин в пълнителния тръбопровод, се прилага количествено регулиране на натоварването и границите на изменение на въздушното отношение са много тесни ( $\alpha = 0,7 \div 1,15$ ). При това не може да имаме обедняване над  $\alpha > 1,15$  без допълнителни мерки. Тези тесни граници не позволяват преобедняване на сместа, което също така не позволява значително намаляване на ефективния специфичен разход на гориво.

Впръскването на бензин директно в цилиндъра позволява нормална работа на двигателя със свръх бедна горивна смес ( $\alpha = 3 - 4$ ). Това е един перспективен метод на смесообразуване, при който регулирането на натоварването е качествено, подобно на дизеловите двигатели. Основната цел е частично или при някои режими и пълно изключване на дроселирането. Чрез премахване на дроселната клапа се намаляват помпените загуби. При директното впръскване на бензин, по време на такта пълнене в цилиндриите постъпва чист въздух, а бензина се впръсква или в края на такта съгъстяване или по време на такта пълнене, в зависимост от режима на работа на двигателя. За да изгори значително обеднена гориво-въздушна смес се използва разслояване на заряда. Това е така, защото двигателят работи без дроселиране и количеството гориво, което постъпва в цилиндриите при празен ход, малки и средни натоварвания е малко, горивната смес е свръх бедна и не би се възпламенила при класическия начин на смесообразуване. Това разслояване има за цел да осигури в зоната на запалителната свещ, леснозапалима (нормална или леко обогатена) гориво-въздушна смес.

За да се постигне разслояване на заряда в горивната камера се правят редица изменения, като основните са формата на горивната камера и ориентация на дюзата спрямо горивната камера и запалителната свещ.

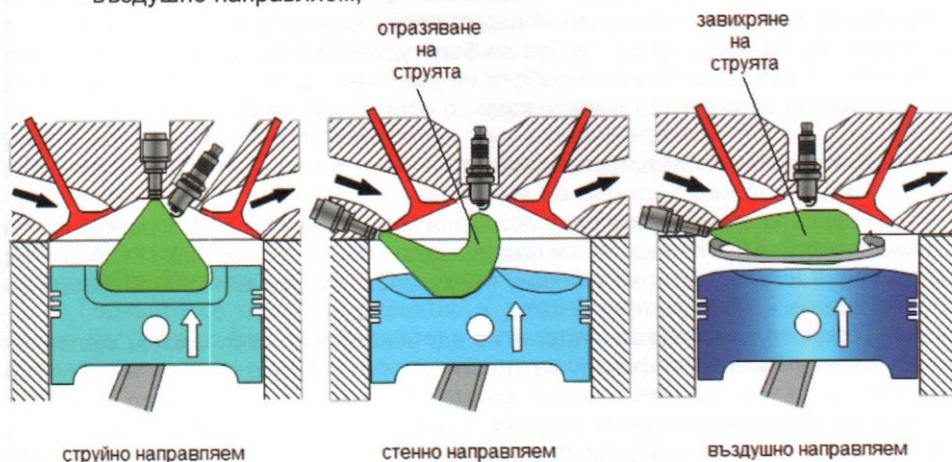
Разслоено смесообразуване се използва при работа на двигателя на малки и средни натоварвания и честота на въртене. Благодарение на разслоеното разпределение на горивото, в горивната камера, двигателят работи с въздушно отношение  $\alpha = 1,6 \div 3$ . В средната част на горивната камера в близост до запалителната свещ се намира леснозапалима гориво-въздушна смес. Тази смес се обгръща от външен слой който в идеалния случай се състои от въздух.

При двигателите с директно впръскване на бензин, в зависимост от начина на съчетание на динамиката на горивния факел и въздуха в цилиндъра, се различават три основни типа смесообразуване ( фиг. 6.19 ):

- стенно направляем;



- струйно направляем;
- въздушно направляем;



Фиг. 6.19. Типове разслоено смесообразуване в зависимост от горивната камера и динамиката на горивния факел.

При стенно направляемия тип челото на буталото се изработва с такъв профил, че да се получи отразено от него движение на горивото. Недостатъкът при него е повишеното отделяне на въглеводороди поради достигане на горивния факел до стените на горивната камера – абсорбция на горивото от нагара върху стената и чувствителност към налягането и момента на впръскване. Също така при студено пускане на двигателя, температурата на буталото е ниска и горивото, което попада върху него, не може да се изпари и окисли достатъчно бързо, което също води до увеличаване на неизгорелите въглеводороди.

Характерно за въздушно направляемия тип е, че в буталото със специална форма постъпващият в цилиндъра въздух се отразява и завихря, вследствие на което впръсканото гориво се съсредоточава около зоната на запалителната свещ. Недостатъкът на този метод е достигането на капки от струята до стените на цилиндъра, които са попаднали вследствие на завихрянето на въздуха. При движението си към горна мъртва точка (ГМТ), горната част на буталото остъргва голяма част от горивото, което е попаднало върху стените на цилиндъра. Една част от това гориво може да излезе посредством буталните пръстени, а другата част остава върху цилиндровата стена като един горивен филм след ГМТ. Някои пари от този филм, които се запазват по-дълго, например поради по-късното изпарение, когато вътрешната температура е по-ниска, вследствие на завихрянето, излизат през изпускателния тръбопровод, а други остават в цилиндъра.

Струйно направляемия процес е най-труден за реализация, но е с най-голям потенциал. При него по-голямо влияние има горивният факел. За този процес е характерно, че горивото се впръсква в околността на запалителната свещ, където се изпарява и смесва с въздуха. За да има надеждно възпламеняване, е необходимо прецизно да се определи положението на дюзата и свещта. В сравнение с другите два типа, този предлага по-добро разслояване на заряда при по-широки граници на натоварване. Намалено е

попадането на гориво върху буталото, а оттам и образуването на сажди. Като недостатък се посочва шокното термично натоварване на свещта, тъй като при впръскването капки гориво попадат върху електродите ѝ, което рязко я охлажда. Също така свещта трябва да бъде удължена, за да може да достигне горивната струя. За оптимална работа на двигателя се изисква богата горивна смес в зоната около свещта, което води до образуване на сажди.

### Работа с разслояване на сместа

Горивото се впръсква през последната третина от такта съгъстяване. То започва около  $60^\circ$  преди ГМТ и завършва около  $45^\circ$  преди ГМТ. Начало на впръскване има значително влияние върху местоположението на облака смес по отношение на свещта (фиг. 6.19).

Горивото се впръсква в посока на вдлъбнатината на буталото. Желаният размер на горивният факел се постига чрез избора на геометричните параметри на дюзата. Специалната форма на буталото и движението му нагоре насочват горивната смес към запалителната свещ. Този процес се подпомага от вихровото движение на въздушния поток, който също транспортира гориво към запалителната свещ. При движението към свещите горивото се смесва с въздуха в цилиндъра. За образуване на разслоена смес е на разположение време съответстващо на  $40^\circ - 50^\circ$  по завъртане на колянвия вал. Това е решаващ фактор, който влияе на възпламеняемостта на сместа. Ако интервалът между впръскването и момента на подаване на искра е по-кратък, сместа не би се възпламенила, тъй като не би била достатъчно подготвена. По-дълъг интервал би довел до допълнително хомогенизиране на сместа в горивната камера.

При удовлетворяване на горните условия в центъра на горивната камера, в близост до запалителната свещ, се образува смес със стехиометричен състав. Тази смес е заобиколена от смес от чист въздух и рециркулирани отработени газове. Въздушното отношение е  $\alpha = 1,6 \div 3$ .

Горенето започва когато горивната смес се е позиционирала около запалителната свещ. Запалва се само горивната смес, а другите газове действат като изолационна обвивка. Така топлинните загуби през стените на цилиндрите са намалени и топлинната ефективност на двигателя се увеличава. Запалването на сместа трябва да се осъществи в края на такта съгъстяване, в много тесен ъгъл по завъртане на колянвия вал преди ГМТ, ограничен от края на впръскване и времето необходимо за смесообразуване. При режим на работа със слойно смесообразуване въртящият момент зависи най-вече от количеството на впръснатото гориво. Масата на постъпилия в цилиндъра въздух и ъгъла на изпреварване на запалването се отразяват в малка степен.

При двигателите, с разслояване на заряда може да има режим на работа с частично разслояване на заряда. Тук една част от горивото се впръсква по време на пълненето, а останалата в края на съгъстяването. Това е при режими малко над средни натоварвания, ускорява се процесът на смесообразуване, горивото впръснато по време на пълненето образува хомогенна гориво-въздушна смес и се намалява количеството гориво впръснато в края на съгъстяването. При това се намалява съдържанието на въглеводороди в отработилите газове. Но при този режим се изисква голямо бързодействие на дюзите.



## Работа с бедна хомогенна смес

Друг режим е работа на двигателя с бедна хомогенна смес. При него в двигателя постъпва чист въздух, а горивото се впръсква по време на такта пълнене. Тук се получава по добро пълнене на двигателя и той развива по-голяма мощност. Този режим се намира между режимите на работа с разслоени смеси и хомогенни смеси със стехиометричен състав. Сместа е равномерно разпределена в горивната камера, като въздушното отношение е приблизително  $\alpha = 1.55$ . Както и при режим на работа с разслоени смеси при такта пълнене, дроселната клапа е напълно отворена. Това на първо място намалява помпените загуби а от друга страна, води до интензивно движение на въздуха в цилиндъра.

Горивото се впръсква директно в цилиндъра около  $60^\circ$  след ГМТ по време на такта пълнене. Впръснатото количество се регулира от електронния блок по такъв начин че да се получи въздушно отношение приблизително  $\alpha = 1.55$ .

Благодарение на ранния момент на впръскване, има повече време за образуването в цилиндъра на хомогенна гориво-въздушна смес. Поради хомогенността на гориво-въздушната смес точката на запалване може да бъде свободно избрана. Горенето се извършва в целия обем на горивната камера.

## Работа на двигателя с хомогенна стехиометрична смес

Разликата, в сравнение с другите системи с впръскване на бензин е, че горивото се впръсква директно в цилиндъра. Количеството на впръскваното гориво е адаптирано към постъпилния въздух, така че  $\alpha = 1$ .

Горивото се впръсква при много по-ниско налягане, директно в цилиндъра по време на такта пълнене, около  $60^\circ$  след ГМТ по завъртане на колянвия вал. Тук се получава по добро пълнене на двигателя и той развива по-голяма мощност. Енергията необходима за изпаряване на горивото, се получава от въздуха в горивната камера, като по този начин въздухът се охлажда. В резултат на това степента на съгъстяване може да е по голяма в сравнение с впръскването в пълнителния колектор. При впръскване на горивото по време на такта пълнене е на разположение относително дълго време за смесообразуване и горивото е хомогенно разпределено във въздуха в цилиндъра.

## Горивна уредба

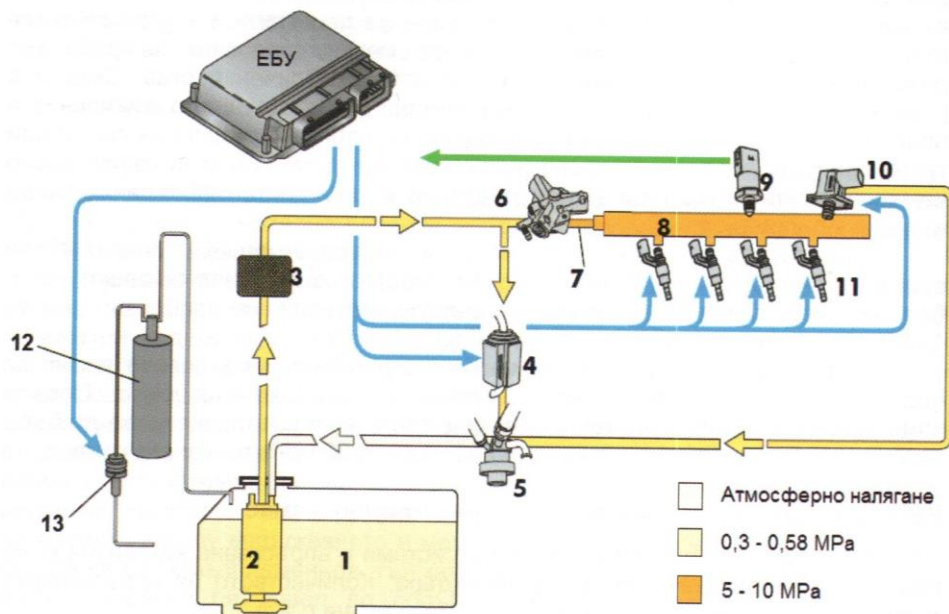
Горивната уредба (фиг. 6.20) е разделена на контур за ниско и контур за високо налягане. Част от горивото постъпва в цилиндрите чрез системата за управление на бензиновите пари.

Към контура за ниско налягане спадат:

- горивен резервоар;
- горивна електрическа помпа;
- горивен филтър;
- байпасен клапан за горивото;
- регулатор за налягане на горивото.

Контурът за ниско налягане обхваща частта от горивната система, разположена от резервоара до помпата за високо налягане. Горивната помпа 2 засмуква гориво от резервоара 1, то преминава през горивен филтър 3 и се

подава към помпата за високо налягане 6. За поддържане на нужното налягане са монтирани и регулатор за налягане на горивото 5, който е в пряка връзка с байпасния клапан за горивото 4.



Фиг. 6.20. Схема на горивна уредба: 1-горивен резервоар; 2-горивна електропомпа; 3-горивен филтър; 4-междинен клапан за горивото; 5-регулатор за налягане на горивото; 6-горивна помпа за високо налягане; 7-тръбопровод за високо налягане; 8-горивен колектор; 9-преобразувател за налягане на горивото; 10-клапан на регулатора на налягане; 11-дюзи за високо налягане; 12-абсорбер за бензинови пари; 13-клапан за продухване на абсорбера.

Налягането в контура обикновено е равно на 0,3MPa, а при стартиране на горещ двигател може да бъде повишено до 0,58MPa.

Към контура за високо налягане спадат:

- горивна помпа за високо налягане;
- тръбопровод за високо налягане;
- горивен колектор;
- преобразувател за налягане на горивото;
- клапан на регулатора на налягане;
- дюзи за високо налягане.

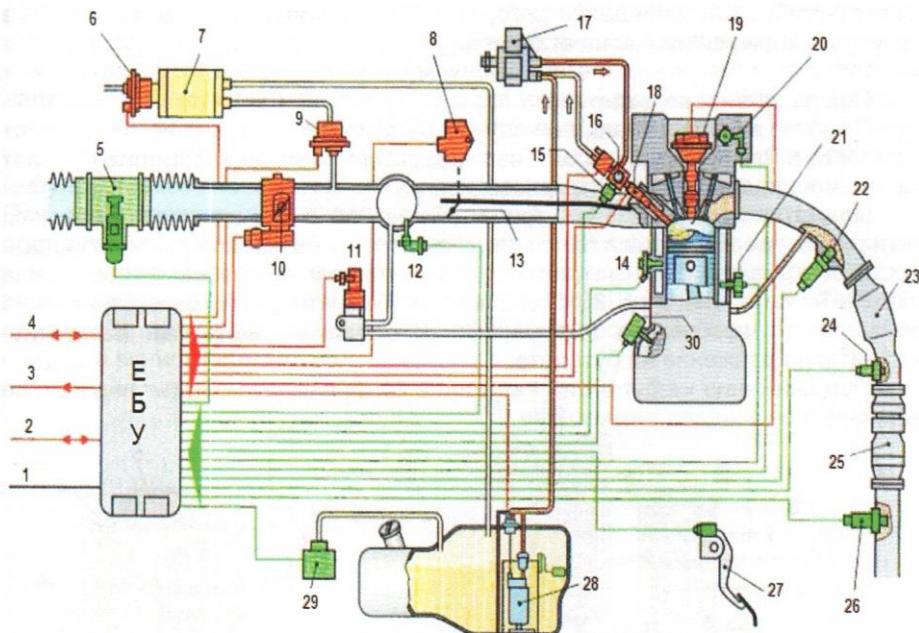
Контурът за високо налягане включва помпата за високо налягане 6, която подава гориво под високо налягане в горивен колектор 8. На горивния колектор е монтиран преобразувател за налягане на горивото 9, сигналът от който се използва за поддържане налягането в диапазона от 5 MPa до 10 MPa посредством клапана на регулатора 10. Впръскването на горивото се осъществява чрез дюзи за високо налягане 11.



## Управление на системата с директно впръскване

Схема за управление на системата с директно впръскване е показана на фиг. 6.21.

При включване на контактният ключ, електрическата помпа за ниско налягане 28, потопена в резервоара, заработва за няколко секунди, позволявайки запълването на контура за ниско налягане с гориво под налягане от около 0,3МРа. Предварителното запълване на системата спомага за нормалното зареждане на помпата за високо налягане.



Фиг. 6.21. Принципна схема на система за директно впръскване на бензин с високо налягане: 1-CAN шина; 2-имобилайзер; 3-лампа за диагностика; 4-интерфейс за диагностика; 5-преобразувател за масовия разход на въздуха; 6-електромагнитен клапан; 7-адсорбер за бензиновите пари; 8-управление на клапите в пълнителния колектор; 9-електромагнитен клапан за пропускане на бензиновите пари; 10-дроселна клапа; 11-клапан за рецикулация на отработени газове (система EGR); 12-преобразувател за налягане в пълнителния колектор; 13-клапа разделяща пълнителната тръба на горна и долна част; 14-детонационен преобразувател; 15-преобразувател за налягането на горивото; 16-горивен колектор за високо налягане; 17-помпа за високо налягане; 18-дюза; 19-индукционна бобина; 20-преобразувател за положението на разпределителния вал; 21-преобразувател за температурата на охлаждащата течност; 22-кислороден преобразувател (лямбда сонда); 23-трикомпонентен каталитичен неутрализатор; 24-преобразувател за температурата на отработените газове; 25-акумулиращ неутрализатор за NOx; 26-лямбда сонда след NOx неутрализатор; 27-педал за газта; 28-горивна помпа за ниско налягане; 29-преобразувател за диференциално налягане; 30-преобразувател за положението на колянния вал.

В същото време електронният блок за управление на двигателя определя оптималните параметри за пускане на двигателя получавайки информация от преобразувателите като определя: температура на въздуха от преобразувателя в 5, налягане на въздуха от преобразувателя 12, температура на охлаждащата течност от преобразувател 21. При завъртане на колянния

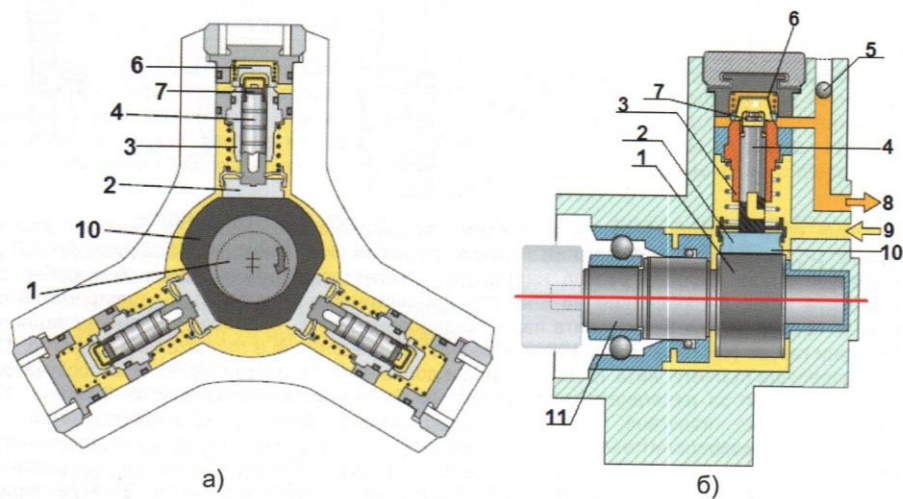
вал от стартера, се задейства и помпата за високо налягане 17, като в същото време електронния блок определя положението на вала от преобразувателя 20, а от там и на всяко едно бутало, изчислява се точния момент за впръскване на гориво в съответния цилиндър, определя се точната продължителност на импулса към съответната дюза. След като двигателят е заработил, електронния блок започва да следи и още няколко параметъра като: положението на педала на газта с преобразувателя 27, честотата на двигателя и др. Налягането в горивния акумулатор се изменя в зависимост от режима на работа чрез клапана за регулиране на налягането. Дюзите се управляват от електронния блок по определен алгоритъм за осигуряване оптимална работа на двигателя при всички експлоатационни режими.

### Помпа за високо налягане

Помпите за високо налягане служат да осигурят налягане на горивото от 5 до 20 МПа. Според броя на помпените секции (буталата) биват едносекционни, двусекционни и трисекционни.

Помпата (фиг. 6.22) е трисекционна, като помпените секции са разположени през  $120^\circ$ , така пулсациите в разпределителните тръбопроводи е относително малка. В различните системи помпата трябва да осигурява налягане на впръскване до 20 МПа. Валът на помпата задвижва ексцентрична шайба, която преобразува въртеливото движение на вала във възвратно-постъпателно движение на буталата.

При движение на буталото 4 към вала 11 на помпата обемът над него се увеличава и се създава разреждане.



Фиг. 6.22. Трибутална помпа за високо налягане: а-напречен разрез; б-надлъжен разрез; 1-ексцентрик; 2-повдигач; 3-цилиндър; 4-бутало; 5-възвратен клапан; 6-нагнетателен клапан; 7-пълнителен клапан; 8 - изход за гориво под високо налягане; 9 - вход за гориво с ниско налягане; 10 - ексцентрикова втулка; 11 - задвижващ вал.

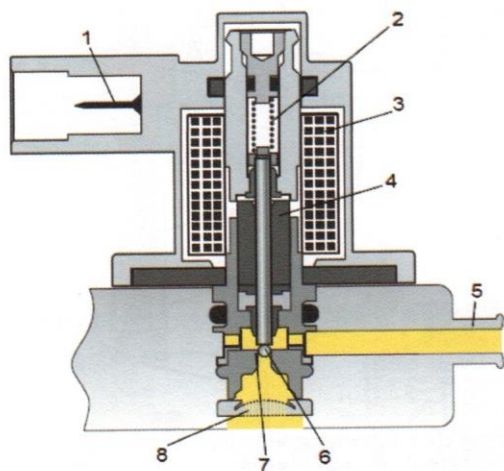
Под действието на разликата в наляганията, се отваря пълнителния клапан 7, през който горивото от контура с ниско налягане навлиза в помпената секция.



При движение на буталото 4 по посока противоположна на задвижващия вал налягането в помпена секция започва да се повишава и пълнителният клапан 7 се затваря. Когато налягането достигне до големината на това в горивния колектор нагнетателният клапан 6 се отваря и горивото се подава към горивния колектор.

#### Клапан регулатор на налягането на горивото

Чрез клапан регулатор (фиг. 6.23) горивният колектор се свързва със сливната магистрала, през която горивото се връща в резервоара. Клапанът е предназначен да регулира налягането в горивния колектор, независимо от разхода през дюзите и потока от помпата за високо налягане. ЕБУ подава на намотката на клапана широко импулсен сигнал, изменяя при отклонение налягането в горивния колектор от зададената стойност. Под действие на магнитното поле котвата 4 на клапана се повдига от седлото 7 и отваря пътя на горивото към сливната магистрала. Колкото по-голяма е продължителността на импулса, толкова повече гориво преминава от горивния колектор в резервоара. При неизправност на клапана той остава затворен, в резултат на това постоянно се поддържа високо налягане в системата. За да се защитят компонентите на горивната система от прекомерното налягане, пружината 2 е така оразмерена, че клапанът се задържа затворен до налягане от 12МПа. При по големи налягания клапанът се отваря и пропуска част от горивото в сливната магистрала.



Фиг. 6.23. Клапан регулатор на високото налягане на горивото: 1-електрически куплунг; 2-пружина; 3-намотки на електромагнита; 4-котва на електромагнита; 5-сливна магистрала; 6-сачмен клапан; 7-седло на клапана; 8-вход на горивото от разпределителния колектор.

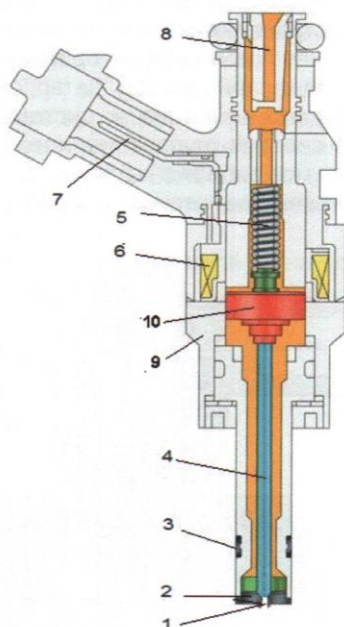
#### Дюзите за високо налягане

Поради посочените особености на смесообразуване при двигателите с директно впръскване на бензин, към дюзите се поставят много високи изисквания, които са :

- точност на дозиране;
- подходящо разпределение на горивото във факела;
- минимално отклонение от формата на факела;
- работа без прокапване, особено при студен старт;

- малък обем на канала за впръскване;
- малки различия в качеството на разпръскване и геометрията на факела;
- разширен динамичен обхват;
- устойчивост срещу образуването на отлагания;
- възможност за работа при високи температури
- устойчивост против прокапване.

Впръскването в дюзите за високо налягане се управлява, чрез подаване на електрически импулс към изпълнителния механизъм, като той бива електромагнитен (фиг. 6.24) или пиезо-модул. При електромагнитните дюзи, котвата на електромагнита 6 е свързана с иглата 4 на дюзата, като при подаване на импулс към електромагнита с повдигането на котвата се повдига и иглата, започва началото на впръскване.



Фиг. 6.24. Дюза с електромагнитен клапан: 1-отвор на разпръсквача; 2-седло на иглата; 3- тефлоново уплътнение; 4- игла на дюзата; 5- пружина на иглата; 6-намотка на електромагнита; 7-електрически куплунг; 8-щуцер за горивото с филтър; 9-корпус; 10-котва.

Количеството на впръскваното гориво се определя от продължителността на импулса, подаван към електромагнита. С прекъсване на управляващия импулс магнитното поле, привличащо котвата на електромагнита изчезва, пружината 5 премества иглата 4 към седлото 2 и впръскването се прекратява.

### Преобразуватели в системите за впръскване на гориво

Преобразувателите служат да преобразуват дадена физична величина (температура, налягане, преместване, скорост и др.) в електрическа. В



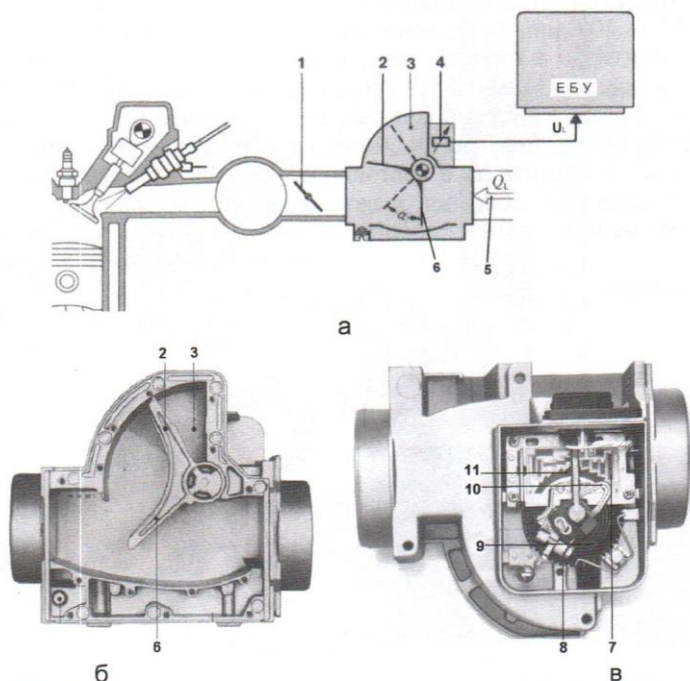
зависимост от подавания към блока за управление на двигателя сигнал преобразувателите биват: аналогови - генериращи аналогов сигнал, пропорционален на изменението на входната величина; цифрови - генериращи последователност от импулси и бинарни, изработващи сигнал само на две нива – включено/изключено.

За оптималното управление на двигателите е необходимо към електронния блок да се подава информация за различни величини, характеризиращи условията на работа, като: натоварване, честота на въртене на колянвия вал, температура на охлаждащата течност, налягане на гориво, температура и разход на въздух и др.. За преобразуването на всяка една величина, във величина удобна за обработване от електронния блок се използват различни преобразуватели.

Преобразувателите за разхода на въздух, (наричани още разходомери за въздух) подават информация за количеството на разходвания в даден момент въздух от двигателя. Разходомерите биват:

- обемни (измерват обема на въздуха);
- масови (отчитат масата на въздуха).

Принципната схема и конструкцията на обемен разходомер за въздух са показани на фиг. 6.25.



Фиг. 6.25. Обемен разходомер на въздух: а-принципна схема; б-изглед от страна на клапата; в-изглед от страна на потенциометъра; 1-дроселна клапа; 2-компенсираща клапа; 3-демпфериращ обем; 4-потенциометър; 5-поток на въздуха; 6-измерителна клапа; 7-съпротивления на потенциометъра; 8-зъбен сектор; 9-пружина; 10-плъзгач на потенциометъра; 11-контактна пътека.

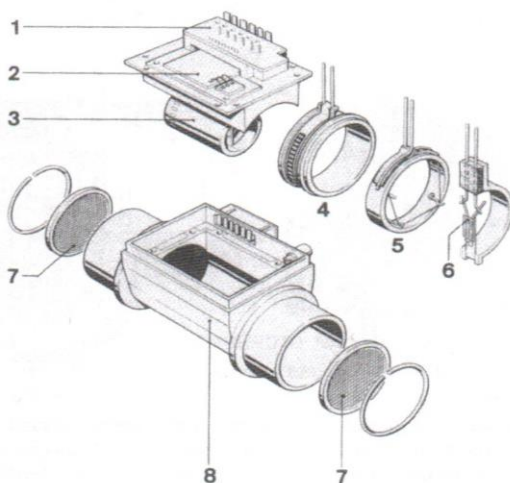
Чувствителният елемент на разходомера е измерителната клапа 6, монтирана към вал, на който чрез зъбния сектор 8 въздейства спиралната

пружина 9. Въздушният поток, преминаващ през разходомера се стреми да завърти клапата, на което противодейства пружината. Ъгълът на завъртане на клапата зависи от обемният разход на въздух. На другия край на вала на клапата е монтиран плъзгачът 10 на потенциометъра 4, към който се подава стабилизирано напрежение 5V. Изменението на напрежението след потенциометъра  $U_L$  е изходящия електрически аналогов сигнал, който зависи от ъгъла на завъртане на клапата, т.е. от обемния разход на въздух. За изглаждане пулсациите на клапата предизвикани от неравномерността на въздушния поток служи клапата 2, пред която се получава демпфериращия обем 3.

Този тип разходомери измерват обемният разход на въздух, но не отчитат плътността му, която се променя значително при изменение температурата.

Преобразувателите за масов разход на въздух са термоанемометрични по принципа си на действие и биват: с нагреваема нишка и нагреваема пластина (слой). Този тип преобразуватели имат много важно предимство пред обемния разходомер – нямат подвижни части.

На фиг. 6.26. е показана схема на разходомер с нагреваема нишка. Разходомерът има корпус 8 защитен от двете страни с решетки 7, през които преминава въздухът. Чувствителният елемент е нишка (резистор) от платина с диаметър 70 – 100  $\mu\text{m}$ , поставена перпендикулярно на въздушния поток в пръстена 5, монтиран в корпуса, предпазващ го от външно нагряване. Поради малката маса, нишката има малка топлинна инертност. През нишката протича ток, който я нагрява. Въздухът, движещ се към двигателя обтича нишката и я охлажда. Силата на тока се променя от интегралната схема 2 така, че температурата на нишката да е постоянна. При това условие топлоотдаването към въздуха зависи от обемния разход на въздух и от плътността му. Така силата на тока през нишката е пропорционална на масовия разход на въздух.



Фиг. 6.26. Преобразувател за масов разход на въздух с нагреваема нишка: 1-печатна платка; 2-интегрална схема; 3-вътрешна тръба; 4-прецизен резистор; 5-пръстен с платинена нишка; 6-тънкослоен резистор, отчитащ температурата на въздуха; 7-решетки; 8-корпус.

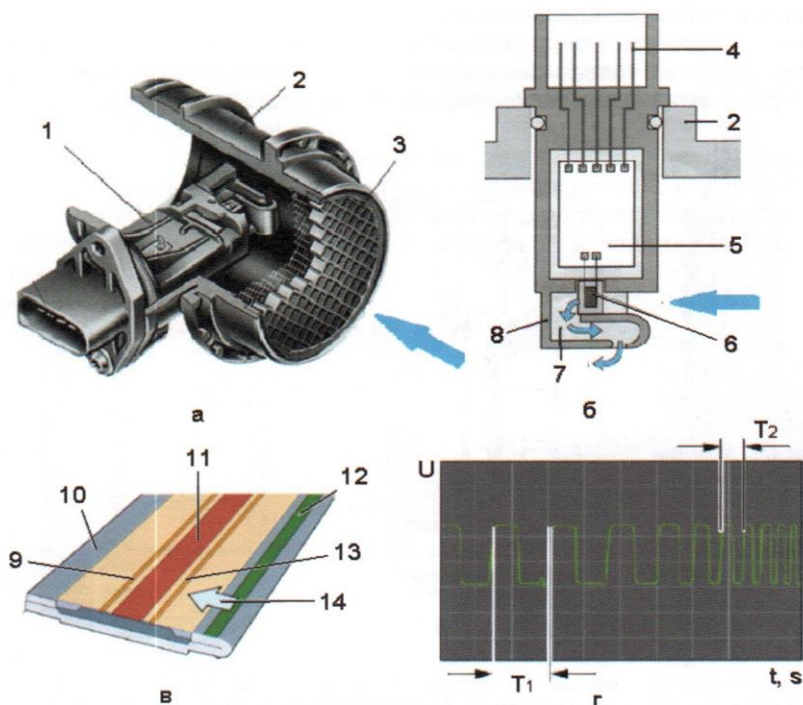


Влиянието на температурата на въздуха се отчита чрез тънкослойния терморезистор 6, разположен пред нишката. Токът, протичащ през нишката, предизвиква пад на напрежението  $U_L$  след прецизния резистор, включен в измерителния мост. Този пад е пропорционален на масовия разход на въздух. Напрежението  $U_L$  е изходния сигнал, преобразуван след това в цифров вид, въз основа на който се получава информацията за натоварването на двигателя.

Разходомерът с нагреваема нишка има следните недостатъци: върху нишката се отлагат замърсявания, които влошават точността на измерване; нишката има малка якост; не различава посоката на въздушния поток.

Тези недостатъци са избегнати при разходомерите с нагреваем слой. При този тип разходомери (фиг. 6.27) нишката е заменена със слой от платина, нанесен върху керамична или силиконова пластина.

В корпуса 2 с решетка 3 на разходомера е монтиран преобразувателят 1. В преобразувателя е изработен каналът 7, в който е разположен измерителният елемент 6. През канала преминава част от въздушния поток. Формата и размерите на канала не позволяват завихрянето на въздуха в него. Интегралната схема 5 служи за предварителна обработка на изходящия сигнал.



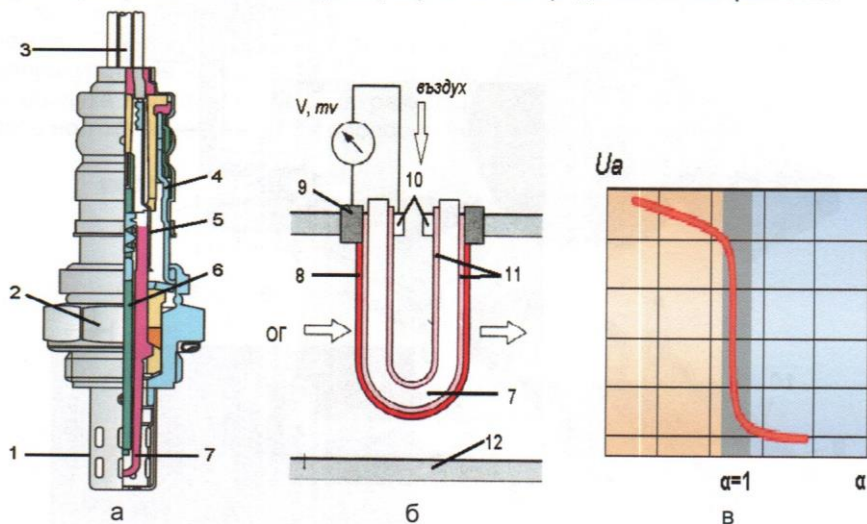
Фиг. 6.27. Преобразувател за масов разход на въздух с нагреваема пластина: а-общ вид; б-преобразувател; в-измерителен елемент; г-честотен сигнал; 1-преобразувател; 2-корпус; 3-решетка; 4-куплунг; 5-интегрална схема; 6-измерителен елемент; 7-канал за въздух; 8-корпус на чувствителния елемент; 9 и 13-терморезистори; 10-керамична пластина; 11-нагреващ резистор (подгревен слой); 12-преобразувател за температурата на въздуха; 14-посока на въздушния поток.

Върху пластината на измерителя е нанесен тънък слой платина, изпълняващ ролята на подгриващ резистор 11. Преминаващият въздух охлажда пластината. Електронната схема регулира силата на тока през резистора така, че да се поддържа еднаква температурна разлика спрямо температурата на въздуха. От двете страни на подгривната пластина са разположени терморезисторите 9 и 13, регистриращи изменението на температурата на пластината по направление на въздушния поток. Разликата в съпротивленията на резисторите се преобразува в аналогов сигнал (напрежение 0 – 5V). В съвременните конструкции разходомери, интегралната схема преобразува в цифров сигнал с постоянна амплитуда, но с променлива честота (фиг. 27 г). При малък разход на въздух изходящия сигнал е с малка честота (с период  $T_1$ ), която при висок разход се увеличава (периодът  $T_2$  намалява).

Преобразувателите за кислород служат за оценка на състава на горивната смес по време на работа на двигателя. Принципът им на работа е основан на измерване съдържанието на кислород в отработените газове. Наличие на кислород в тях означава, че двигателят работи с бедни смеси с въздушно отношение -  $\alpha > 1$ , а отсъствието – с богати,  $\alpha < 1$ .

В зависимост от характеристиките им биват двулентови (двудиапозонни) и широколентови (широкодиапозонни).

От двулентовите, най-широко приложение са намерили преобразувателите с галваничен елемент от циркониев двуокис. Конструкцията и характеристиката на такъв преобразувател са представени на фиг. 6.28.



Фиг. 6.28. Преобразувател за кислород с галваничен елемент: а-преобразувател; б-принципна схема на галваничния елемент; в-характеристика; 1-екран; 2-корпус; 3-проводници; 4-метален кожух; 5-контактни пластини; 6-подгривател; 7-галваничен елемент; 8-предпазно покритие; 9 и 10-контакти; 11-електроди; 12-изпускателен тръбопровод.

Преобразувателят се монтира към тръбопровода 12 на изпускателната система. Твърдият галваничен елемент 7, изработен от циркониев окис е монтиран в корпуса 2. Външната и вътрешната повърхнина на галваничния елемент са покрити с тънки слоеве платина, които изпълняват ролята на



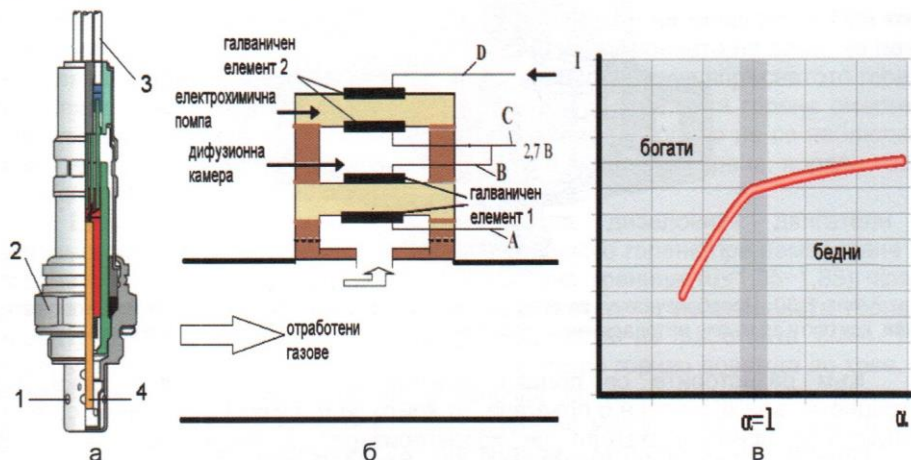
електроди 11. Отработените газове (ОГ) преминаващи през отворите на екрана 1 са в пряк контакт с външния електрод на галаваничния елемент, а вътрешният електрод е в контакт с въздуха от атмосферата. На електродите възниква разлика в потенциала (напрежение) при разлика в концентрациите на кислород в атмосферата и ОГ. При работа на двигателя с богата смес (отсъствие на кислород в ОГ) разликата в концентрациите кислород е най-голяма и напрежението между електродите  $U_a$  е високо (700 – 1000mV). При наличие на кислород в ОГ (бедна горивна смес) напрежението рязко намалява до 50 – 100mV (фиг. 6.28 в). Циркониевия двуокис става електропроводим при висока температура, затова тези преобразуватели са работоспособни при температура 300 – 900° С. С цел достигане по-бързо тази температура след пускане на двигателя, в преобразувателя се вгражда електрическия подгревател 6.

В някои системи за впръскване се използват двулентови преобразуватели за кислород, чийто чувствителен елемент е изработен от титаниев двуокис. Титаниевият двуокис изменя съпротивлението си в зависимост от съдържанието на кислород в ОГ скокообразно – от ниско (под 1 кОм) при богата горивна смес до високо (над 20 кОм) при бедна смес. Ако към такъв преобразувател се подава еталонно напрежение от 5V, на изхода в зависимост от състава на сместа, напрежението се изменя от 5 до 1V.

Изходящият сигнал на двулентовите преобразуватели се изменя скокообразно при малки отклонения на горивната смес от стехиометричния състав. В двигателяте с директно впръскване се налага регулиране състава на сместа в по-широки граници.

Широколентовите преобразуватели за кислород генерират плавно изменящ се сигнал в широки граници на въздушното отношение –  $0,7 < \alpha < \infty$ .

Показаният на фиг. 6.29 широколентов преобразувател се състои от измерителен елемент 4, монтиран в корпуса 2 и защитен от ерозионното действие на ОГ чрез екрана 1.



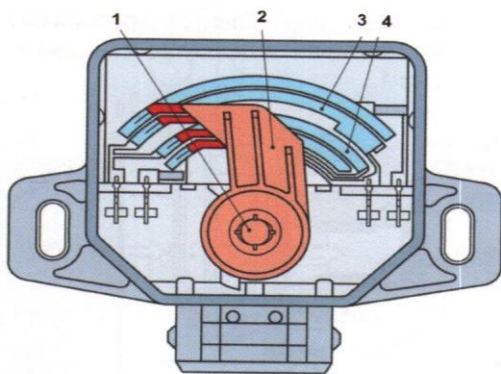
Фиг. 29. Широколентов преобразувател: а-общ вид; б-схема на измерителния елемент, в-характеристика; 1-екран; 2-корпус; 3-проводници; 4-измерителен елемент.

Измерителният елемент се състои от два галаванични елемента от циркониев двуокис. Външният електрод (с извод А) на галаваничния елемент 1 (фиг. 6.29 б) се намира в изпускателната система и е в контакт с ОГ, а

вътрешният (с извод В) е разположен в изолираната дифузионна камера. Изводът В е свързан с Електронният Блок за Управление на двигателя. Към него се подава напрежение в зависимост от разликата в концентрациите на кислород между ОГ и дифузионната камера. Дифузионната камера няма връзка с атмосферата. Вътрешният електрод (с извод С) на галваничен елемент 2 се намира в дифузионната камера, а външният (с извод D) към атмосферата. Двата електрода са изработени от пореста платина, пропускаща кислородните йони. При подаване на напрежение към двата електрода се създават условия за преместване на йоните. Този галваничен елемент представлява електрохимична дифузионна помпа. Чрез смяната посоката на тока през галваничния елемент 2 се сменя посоката им на движение – към дифузионната камера (помпене) или обратно (изпомпване). По време на работа на двигателя изменението на напрежението в галваничния елемент 2 се извършва от ЕБУ по такъв начин, че на изход А (електродът в контакт с ОГ) да се поддържа винаги напрежение от 0,45V. Напрежението на извод D в такъв случай се променя от положително при бедна смес, до отрицателно при богата, с амплитуда от 1,5V.

Преобразувателите за положението на дроселната клапа подават допълнителна информация към електронния блок за управление за определяне работните режими на двигателя (празен ход; частични натоварвания, пълно натоварване, скорост на отваряне и затваряне на клапата).

Показаният на фиг. 6.30 преобразувател за положението на дроселната клапа е контактен, потенциометричен. Плъзгачът 2 се монтира върху оста на дроселната клапа и се движи върху резисторните пътеки 3 и 4.



Фиг. 6.30. Преобразувател за положението на дроселната клапа: 1- ос на дроселната клапа; контакти за пълно натоварване; 2-токоснемащ плъзгач; 3 и 4-резисторни пътеки.

Към резисторите се подава напрежение  $U=5V$ . Третият извод на потенциометъра е свързан с плъзгача, от който се получава изходящия сигнал. Контактните преобразуватели се характеризират с ниска надеждност. В съвременните системи все повече се налагат безконтактните преобразуватели.

Преобразувателите за скорост на въртене и положение на колянвия вал са разгледани в Глава 9.



## Глава 7. Смесобразуване в дизеловите двигатели.

### Горивни уредби на дизеловите двигатели

#### 7.1. Общи сведения за смесобразуването в дизеловите двигатели

Смесобразуването при дизеловите двигатели се извършва в самия цилиндър на двигателя. Пълното и своевременно изгаряне на горивото, а също така и максималното използване на въздуха, в цилиндъра на двигателя, зависят от качеството на смесобразуването.

Процесът на смесобразуване се състои от подаване, разпределение, изпарение на горивото в цилиндъра и смесване на горивните пари с въздуха. Тези процеси протичат за много кратко време (0,04-0,001 s). При такъв малък интервал от време и поради специфичните физикохимични свойства на дизеловото гориво (в сравнение с леките горива), образуването на еднородна смес в горивната камера е невъзможно. Това не е и желателно, тъй като ще се получи едновременно възпламеняване и изгаряне на сместа в цялата горивна камера, в резултат на което налягането в цилиндъра ще се повиши много бързо, а бързото нарастване на налягането влошава работата на двигателя и увеличава износването на неговите детайли.

Процесът на смесобразуване в дизеловите двигатели е желателно да протича приблизително едновременно с процеса на горене. Това е възможно при образуване на нееднородни смеси. Но горенето на нееднородни смеси е съпроводено с увеличена непълнота на изгаряне на горивото. По тази причина, за да има пълно изгаряне на горивото, дизеловите двигатели работят с увеличено въздушно отношение.

Важно предимство на дизеловите двигатели е възможността да работят при практически неограничено обедняване на сместа. Това позволява да се изменя мощността на двигателя, като се изменя само количеството на горивото, т.е. прилага се чисто качествено регулиране на мощността. При това с обедняването на сместа до  $\alpha_{ср}=3+3,5$  скоростта на горенето не само, че не се намалява, а даже и нараства. Това се обяснява с факта, че впръснатото гориво не успява равномерно да се смеси с въздуха и в зоната на горене сместа е значително по-богата от  $\alpha_{ср}$ . При малки подавания на гориво не се наблюдава значително местно преобогатяване на сместа в зоната на горене, поради което се подобрява пълнотата на горене.

Един от основните недостатъци на дизеловите двигатели е невъзможността да се осъществи пълно и бездимно горене при намаляване на средното въздушно отношение под определена граница ( $\alpha < 1,35+1,65$ ), която зависи от конструктивните особености на двигателя и използваната горивна апаратура. Това се обяснява с нееднородността на работната смес. Понататъшното увеличаване на цикловото количество гориво довежда до това, че мощността не само не нараства, а започва да пада и дименето рязко се увеличава. Тъй като в дизеловите двигатели не може да се използва цялото количество въздух, постъпило в цилиндъра, литровата им мощност на съответен честотен режим е по-малка от литровата мощност на бензиновите двигатели.

Различават се следните начини на смесобразуване – обемно, слойно и обемно-слойно смесобразуване. В зависимост от конструкцията на горивната камера и разпределението на горивото в нея, един от тези начини на

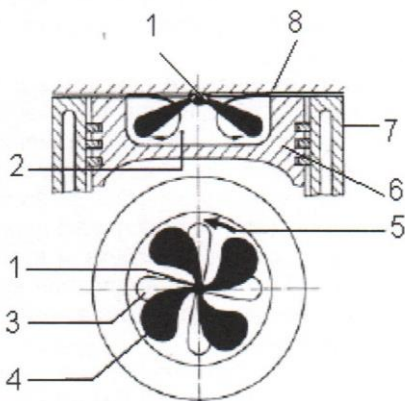
смесообразуване преобладава над другия. При двигателите с разделни горивни камери смесообразуването е разделно-камерно.

### Обемно смесообразуване

За получаване на качествена горивна смес, която да изгаря пълно при обемното смесобразуване, е необходимо да се изпълнят следните две основни условия:

- подаването в горивната камера гориво да бъде разпръснато на много малки капки по възможност с малка разлика в диаметъра;
- фино разпръснатото гориво да се разпредели равномерно във въздушната среда по целия обем на горивната камера.

За осигуряване на горните изисквания горивото се впръсква чрез многоструен разпръсквач на няколко горивни факела, под налягане от 18 до 200 МПа. Важно влияние за разпределението на горивото по целия обем на горивната камера има движението на въздуха в цилиндъра и завихрянето му в горивната камера. При впръскване завихреният въздух отнася капки от горивния факел като ги разпределя по-равномерно в обема на горивната камера (фиг. 7.1) и съкращава времето за изпарението. Вихровото движение на въздуха и сместа предизвиква допълнително преразпределение на горивните капки, като малките и по-леки капки се отклоняват по-бързо и по-силно от първоначалния им път, отколкото капките с относително по-големи размери.



Фиг. 7.1. Влияние на завихрянето на въздуха върху разпределението на капките гориво в обема на горивната камера: 1-четириструен разпръсквач; 2-завихряне на въздуха от навлизането му в горивната камера по време на съгъстяването; 3-форма на горивния факел при впръскване в неподвижен въздух; 4-форма на факела при впръскване в завихрен въздух; 5-въртливо движение на въздуха спрямо оста на цилиндъра; 6-бутало; 7- цилиндър; 8-цилиндрична глава.

Двигателите с обемно смесообразуване се характеризират със следните предимства:

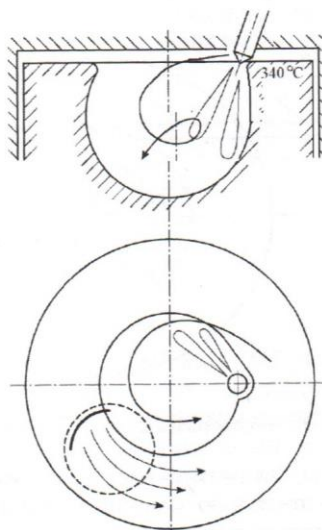
1. Сравнително проста конструкция на горивната камера в цилиндровата глава.
2. Малка относителна повърхност на горивната камера.



3. Висока икономичност. Тя се дължи на незначителните топлинни загуби в стените на горивната камера поради малката относителна повърхност и повишеното въздушно отношение.
4. Добри пускови качества, тъй като условията за запалване на горивото при пускане на двигателя в студено време са по-благоприятни вследствие на малките топлинни загуби в процеса на сгъстяването.

### Слойно смесообразуване

Слойното смесообразуване се осъществява в горивна камера в буталото (фиг. 7.2), като формата на повърхнината ѝ и дюзата са разположени така, че струята гориво да е под определен ъгъл спрямо стената.



Фиг. 7.2. Горивна камера за слойно смесообразуване.

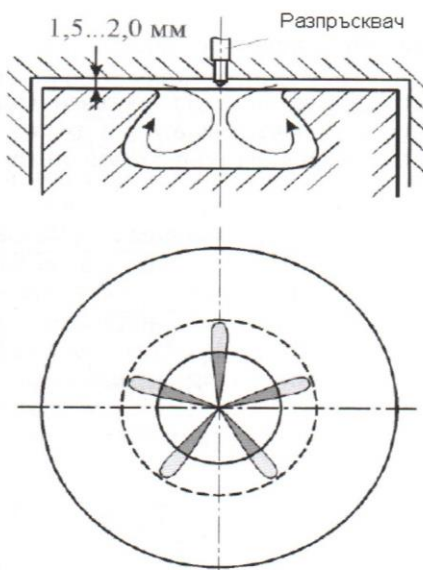
Разпръсквачът е едноструен или двуструен. Налягането на горивото при впръскване е в границите от 12 до 20 МПа.

За да се подпомогне разстилането на горивото на тънък слой, върху повърхността на камерата, направлението на въздуха трябва да съвпада с направлението на горивната струя. Необходимото въртеливо движение на въздуха се постига чрез специално оформен тангенциален пълнителен канал в цилиндровата глава. През периода на горенето въртеливото движение на въздуха трябва да бъде достатъчно интензивно, за да се ускори изпарението на горивото и да се осигури своевременно необходимото количество въздух при смесването му с горивните пари. По такъв начин се получава по-пълно и своевременно изгаряне на горивото.

Наред с високите икономически и мощностни показатели, благодарение на постепенното подвеждане на горивната смес, в зоната на горенето двигателите работят с малки скорости на нарастване на налягането, т.е. „меко“, почти безшумно, при относително ниско максимално налягане на работния цикъл.

## Обемно-слойно смесообразуване

Обемно-слойното смесообразуване е съчетание на обемното и слойното смесообразуване. Впръскването на горивото се извършва с многоструен разпръсквач, разположен централно или малко изместен от оста на камерата (фиг. 7.3).



Фиг. 7.3. Обемно-слойно смесообразуване.

Горивото попада по загоретите околни стени близо до входния ръб на гърловината, при което лесно се изпарява и изгаря по-пълно. Формата на камерата осигурява интензивно смесване на горивото с въздуха в камерата. Организацията на смесообразуване и горене се извършва или от радиалното и осовото движение на работното вещество, без създаване на допълнително тангенциално движение, или се използва и тангенциалният вихър на постъпващия въздух, създаден от пълнителната система.

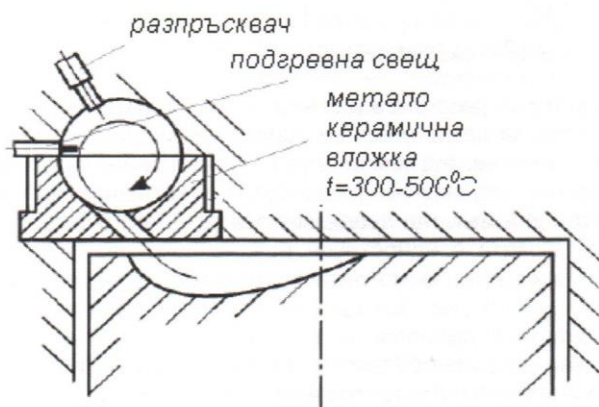
Предимствата на обемно-слойното смесообразуване са:

- по-пълно и нормално изгаряне на горивото и при по-ниски стойности на въздушното отношение, вследствие на което литражът на двигателя ще се използва по-добре;
- подобряване на топлообмена между въздуха и горивото, в резултат на което ще се получи по-малък индукционен период, а следователно и по-малка скорост на нарастване на налягането (т.е. по-мека работа) и по-умерено максимално налягане на работното вещество;
- по-малка чувствителност към изменение на честотния режим на двигателя и качеството на използваното гориво;
- намаляване на налягането на впръскване и облекчаване работата на горивната апаратура.



## Вихрокамерно смесообразуване

При вихрокамерното смесообразуване горивната камера е разделена на две части: горивна камера – разположена между челото на буталото и цилиндровата глава, и допълнителна (вихрова) камера със сферична, а в някои случаи и овална форма, разположена в главата (фиг. 7.4). Двете камери са съединени помежду си с канал с тангенциално направление по отношение на допълнителната вихрова камера. Обемът над вихровата камера съставлява 40-80% от целия обем на горивната камера.



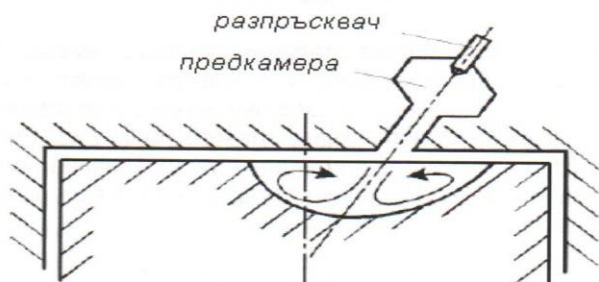
Фиг. 7.4. Вихрова камера.

При движение на буталото от ДМТ към ГМТ, през време на съгъстяването на работното вещество, въздухът от цилиндъра на двигателя чрез тангенциалния канал преминава във вихровата камера.

Поради тези конструктивни особености на вихровата камера в нея се получава интензивно въртеливо движение на постъпилото работно вещество. Горивото се подава във завихреното работно вещество във вихровата камера с помощта на едноструен или щифтов разпръсквач. Впръснатото гориво частично се изпарява в обема на камерата, а другата негова част, увеличана от въздушния поток, попада върху стената на камерата и се изпарява. След възпламеняване и изгаряне на част от впръснатото гориво в обема на вихровата камера налягането се повишава допълнително, вследствие на което работното вещество (състоящо се от продукти на горенето, въздух и неизгоряло гориво) с по-висока скорост протича обратно в главната горивна камера, където също възниква вихрово движение. По такъв начин вихровата камера създава благоприятни условия за по-добро смесообразуване и по-пълно изгаряне на горивото при сравнително по-малки стойности на въздушното отношение.

## Предкамерно смесообразуване

Горивната камера на двигателите с предкамерно смесообразуване е разделена на две части: главна горивна камера, разположена между челото на буталото и цилиндровата глава, и допълнителна горивна камера – предкамера, разположена в цилиндровата глава – фиг. 7.5. Двете камери са съединени с един или няколко канала с относително малко общо пропускателно сечение.



Фиг. 7.5. Предкамерно смесообразуване.

Предкамерата се разполага централно или е изместена по отношение на оста на цилиндъра, за да се увеличи пропускателното сечение на клапаните. Нейната ос е вертикална, а в някои случаи – наклонена по отношение оста на цилиндъра, за да се предпази челото на буталото от излизащите горещи газове от предкамерата. Обемът на предкамерата е 25-45% от обема на цялата горивна камера. Дюзата с едноструен разпръсквач се разполага по оста на предкамерата. Челото на буталото, в повечето случаи има вдлъбнатина, разположена в зоната на изхода на съединителните канали, с което смесообразуването се подобрява.

При движението на буталото от ДМТ към ГМТ, през време на съгъстяването налягането в цилиндъра нараства по-бързо, отколкото в предкамерата поради хидравличното съпротивление на съединителните канали. Поради получената разлика в налягането въздухът от цилиндъра навлиза с голяма скорост в предкамерата, където възниква интензивно движение, спомагащо за смесване на впръснатото в предкамерата гориво. Горивото се впръсква по направление към съединителните канали срещу въздушния поток приблизително тогава, когато неговата скорост е най-голяма. Тъй като обемът на предкамерата е малък, кислородът от въздуха в нея е недостатъчен за изгаряне на цялото подадено количество гориво. Изгаря само една част, в резултат на което налягането и температурата в предкамерата нарастват значително. Под действието на увеличеното налягане основната част от горивото заедно с получените продукти на горенето се изтласква с голяма скорост през каналите в надбуталното пространство на цилиндъра. Благодарение на тази голяма скорост и интензивното вихрообразуване се създават благоприятни условия за качествено разпръскване на основната част от подаденото количество гориво и размесването му с въздуха в главната горивна камера, където протича неговото пълно изгаряне.

По такъв начин при предкамерните двигатели смесообразуването се постига главно за сметка на енергията, получена при частичното изгаряне на горивото в предкамерата. При това разпръскването и размесването на основната част от горивото с въздуха в главната горивна камера, протича при наличието на продукти на горенето с висока температура.

## 7.2. Общи сведения и изисквания към горивната уредба на дизеловия двигател

Нормалната работа на дизеловия двигател, на различните режими, е възможна само при висококачествена работа на горивната уредба. Към



горивната уредба се поставят следните основни изисквания:

1. Във всеки цилиндър на двигателя, за един работен цикъл, трябва да се подава определено количество гориво в зависимост от натоварването и честотата на въртене на колянвия вал на двигателя. При изменение на натоварването и честотата на въртене на колянвия вал на двигателя горивната уредба трябва бързо да променя цикловото количество гориво, впръсквано в цилиндъра така, че при изменилия се работен режим двигателят да развива необходимата мощност.

2. Горивото трябва да се впръсква в цилиндъра на двигателя в период от работния цикъл, когато това е необходимо за най-ефективното му изгаряне.

3. Фиността на впръскването на горивото и разпределянето му в горивната камера трябва да съответстват на конструктивните особености на двигателя и на процеса на смесобразуването (вид на горивната камера, начин на смесобразуване, завихряне и подгръване на въздуха и др.), тъй като от тези фактори съществено зависят горивната икономичност на двигателя, твърдостта на работния процес и димността на отработилите газове.

4. Горивната уредба на многоцилиндровите двигатели трябва да подава еднакво циклово количество гориво във всички цилиндри при един и същ ъгъл на изпреварване на впръскването.

Горивната уредба на автотракторните дизелови двигатели бива главно два типа:

- разделена, когато горивонагнетателната помпа и дюзата конструктивно са отделени една от друга и са съединени с тръбопровод за високо налягане;

- неразделена, когато горивонагнетателната помпа и дюзата конструктивно са обединени в един възел (помпа-дюза).

Според начина на дозиране на горивото горивната уредба и от двата типа се подразделя на:

- горивна уредба с шибърно дозиране, в която цикловото количество гориво се изменя от помпения елемент – буталото на помпения елемент действа като шибър;

- горивната уредба с дозиране чрез дроселиране, в която с дроселиращо устройство се изменя количеството на постъпващото в цилиндъра на помпения елемент гориво.

Според начина на подаване на горивото за впръскване биват:

- с непосредствено действие, когато горивото са впръсква непосредствено при подаването му под високо налягане от помпата;

- акумулаторни, когато високото налягане на горивото в дюзата се поддържа постоянно, а впръскването протича при определено въздействие в самата дюза.

Според начина на управление горивните уредби биват:

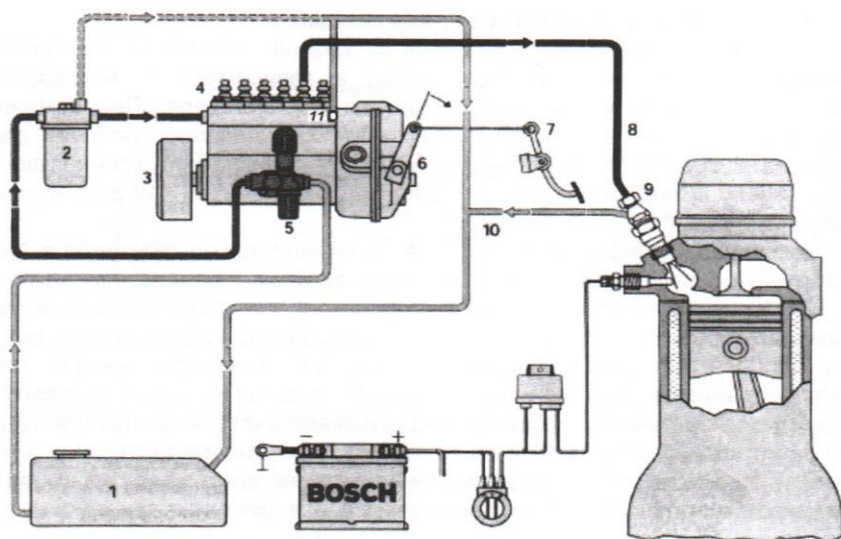
- с механично управление;

- с електронно управление.

### **7.3. Разделени горивни уредби с непосредствено действие и механично управление.**

Разделената горивна уредба с непосредствено действие и механично управление се състои от следните основни елементи (фиг. 7.6) : резервоар, филтри, горивоподаваща помпа, горивонагнетателна помпа (ГНП) и дюзи.

Горивото от резервоара 1 се засмуква от горивоподаващата помпа 5 и под налягане се подава към филтъра за фино пречистване 2



Фиг. 7.6. Схема на разделена горивна уредба с непосредствено действие и механично управление: 1-резервоар за гориво; 2-горивен филтър за фино пречистване; 3- вал на ГНП; 4- ГНП; 5-горивоподаваща помпа; 6-лост на регулатора; 7- педал за газта; 8- тръбопровод за високо налягане; 9-дюза; 10-тръбопровод за връщане на гориво в резервоара; 11-пропускателен клапан.

Пречистеното гориво постъпва в пълнителния канал на горивонагнетателната помпа 4. Пропускателният клапан 11 поддържа в канала на горивонагнетателната помпа постоянно налягане ( $0,07 \pm 0,12 \text{ MPa}$ ), като пропуска излишното гориво, което се връща в резервоара. Горивонагнетателната помпа дозира необходимото циклово количество гориво, като в края на съгъстяването, при точно определен ъгъл по завъртане на колянвия вал преди ГМТ го подава към дюзата 9. Когато налягането достигне определена стойност дюзата впръсква горивото в горивната камера на цилиндъра.

Горивонагнетателната помпа (ГНП) е най-сложният елемент от горивната уредба. ГНП служи да подава еднакво циклово количество гориво  $Q_{\text{ц}}$  към отделните цилиндри за съответния режим, с оптимален ъгъл на изпреварване на впръскване, както и да дава възможност за изменение на  $Q_{\text{ц}}$  в зависимост от режима на работа.

Според начина на дозиране на горивото ГНП биват:

- с шибърно дозиране;
- с дозиране чрез дроселиране.

Според конструкцията биват :

- многосекционни;
- разпределителни.

От своя страна разпределителните горивонагнетателни помпи се подразделят на:

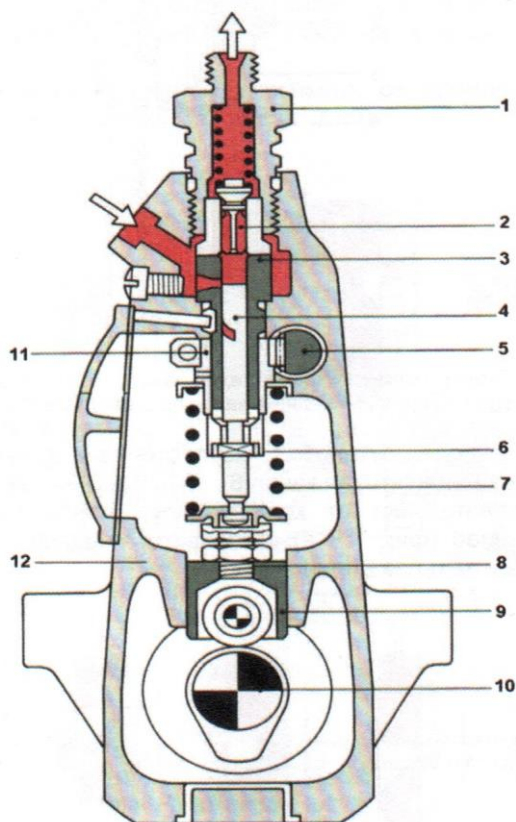
- разпределителни помпи бутален тип;
- роторни разпределителни помпи.



### Многосекционни шибърни ГНП

Многосекционните ГНП обединяват отделните помпени секции в общ корпус. Всяка помпена секция подава горивото с определеното  $Q_c$  и с оптимален ъгъл на изпреварване на впръскване за един определен цилиндър. По тази причина броят на помпените секции е равен на броя на цилиндрите на двигателя.

Всяка една помпена секция се състои от (фиг. 7.7): бутало 4; цилиндър 3; нагнетателен клапан 2; щуцер 1; повдигач 9; пружина 7; втулка 6 със зъбен сектор 11.

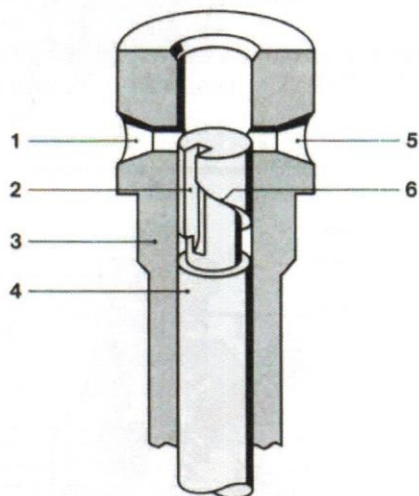


Фиг. 7.7. Помпена секция от шибърна многосекционна ГНП: 1-щуцер; 2-нагнетателен клапан; 3-цилиндър; 4-бутало; 5-зъбна рейка; 6-втулка; 7-пружина; 8-регулиращ винт; 9-ролков повдигач; 10-гърбилен вал; 11- зъбен сектор; 12-корпус.

Цилиндърът е монтиран в горната част на корпуса 12 на помпата. Долният край на буталото опира върху регулиращия винт 8 на повдигача 9. При въртене на гърбициния вал 10, буталото извършва възвратно-постъпателно движение – гърбицата повдига буталото, а пружината 7 връща буталото в долно положение. Освен това буталото може да се завърта на определен ъгъл по надлъжната си ос в едната или другата посока чрез зъбната рейка 5, която е зацепена със зъбния сектор 11 от втулката 6.

Буталото и цилиндърът образуват помпения елемент. Хлабината между буталото и цилиндъра е много малка –  $0,5 - 1,5 \mu m$ .

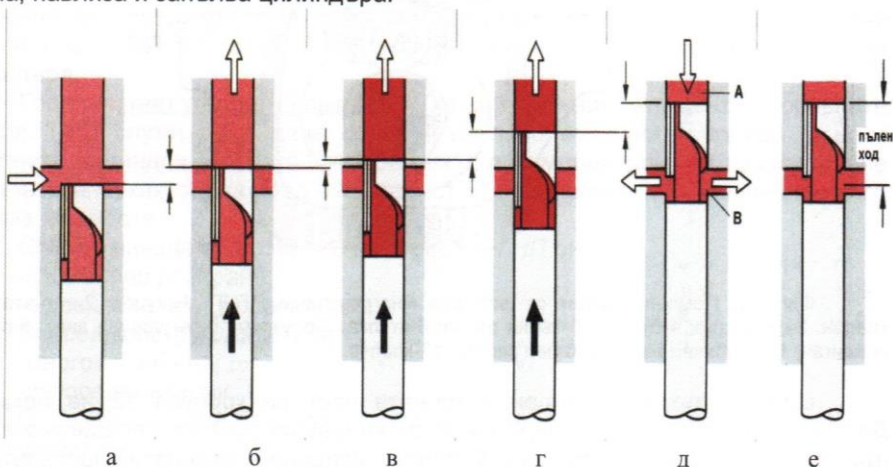
Цилиндърът има два напречни отвора (фиг. 7.8): пълнителен 1 и преливен 5.



Фиг. 7.8. Помпен елемент: 1-пълнителен канал на цилиндъра; 2-надлъжен канал на буталото; 3-цилиндър; 4-бутало; 5-преливен канал на цилиндъра; 6-винтов канал на буталото.

В горната част на буталото са изработени два канала: надлъжен канал 2, който преминава във винтовия канал 6.

В последната част от хода надолу, буталото с челото си отваря пълнителния канал (фиг. 7.9 а) и горивото, подавано от горивоподаващата помпа, навлиза и запълва цилиндъра.



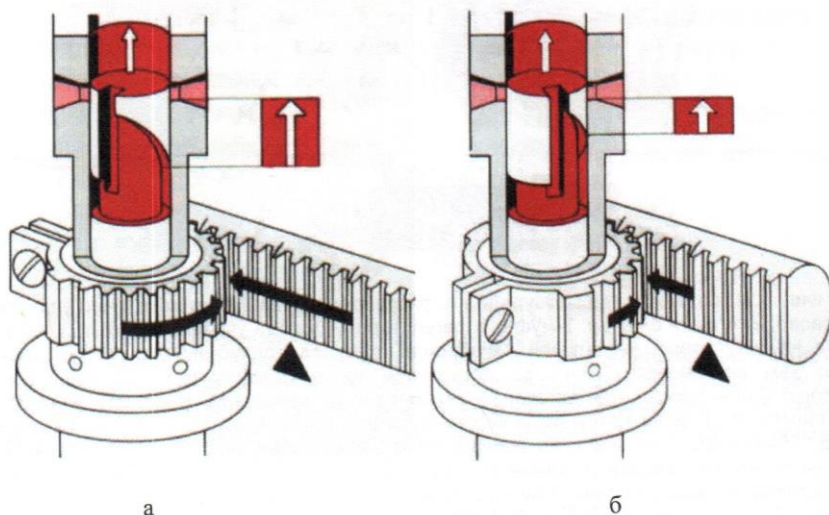
Фиг. 7.9. Работа на помпения елемент: а-запълване на цилиндъра с гориво; б-начало на подаване на горивото; в-подаване на гориво за впръскване; г-край на подаване на гориво; д-празен ход; е-пълнен ход на буталото.



При движението на буталото нагоре, в определен момент, с челото си затваря пълнителния и преливния канал (фиг. 7.9 б). От този момент буталото започва да изтласква горивото под налягане през нагнетателния клапан (фиг. 7.9 в).

Моментът на пълно затваряне на двата канала се приема за начало на подаване на горивото. До този момент изтласкваното гориво се връща обратно в пълнителния канал. Подаване на гориво през нагнетателния клапан за впръскване продължава до момента на съвпадане на винтовия канал от буталото с преливния канал на цилиндъра (фиг. 7.9 г). При съвпадането на винтовия и преливния канали горивото над буталото изтича през надлъжния и винтовия канал в преливния канал и налягането рязко намалява, а нагнетателният клапан се затваря. Това е край на подаване на гориво за впръскване.

Чрез завъртането на буталото от рейката, се променя момента на съвпадане на винтовия и преливния канал (фиг. 7.10).



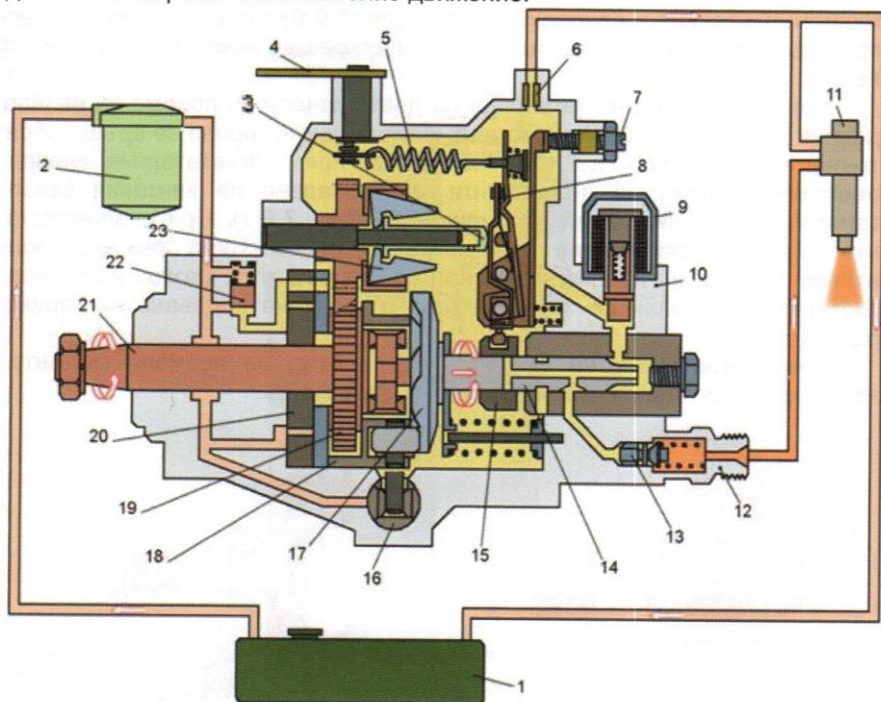
Фиг. 7.10. Изменение подаването на гориво чрез промяна положението на буталото спрямо цилиндъра на помпения елемент: а-увеличено подаване на гориво; б-намалено подаване.

Когато винтовият канал съвпадне с преливния по-късно, активният ход на буталото за подаване на гориво е по-голям (фиг. 7.10 а) и се впръсква повече гориво. При по-ранно съвпадане на двата канала, активният ход намалява (фиг. 7.10 б) и цикловото количество гориво е по-малко.

На фиг. 7.11 е показана разделена горивна уредба с разпределителна помпа бутален тип и механично управление.

За разпределителните ГНП е характерно това, че една помпена секция може да осигурява необходимото количество гориво към всички цилиндри на двигателя. Така, този тип помпи са по-компактни, с по-малки размери и по-малко тегло в сравнение с многосекционните. Буталото 14 получава въртливо движение от вала 21, а от гърбичната шайба 17 и втулката 18 с ролковите

повдигачи – възвратно постъпателно движение.



Фиг. 7.11. Схема на горивна уредба с разпределителна ГНП с механично управление: 1-резервоар; 2-горивен филтър; 3-муфа на регулатора; 4-лост за управление на подаването; 5-пружина на регулатора; 6-преливен калиброван отвор за пропускане на част от горивото обратно към резервоара; 7-винт за регулиране на максималното подаване; 8-лост на регулатора; 9-електромагнитен клапан за изключване на двигателя; 10-хидравличен блок за високо налягане; 11-дюза; 12-щуцер за високо налягане; 13-нагнетателен клапан; 14-бутало; 15-дозатор; 16-регулатор на ъгъла на изпреварване на впръскването; 17-гърбична шайба; 18-втулка на ролковите повдигачи; 19-зъбно колело; 20-пластинкова горивоподаваща помпа; 21-вал; 22-клапан за ниско налягане; 23-центробежни тежести на регулатора.

Буталото има пълнителни канали, чийто брой е равен на броя на цилиндрите, а в хидравличния блок за високо налягане има същият брой нагнетателни и един пълнителен канали.

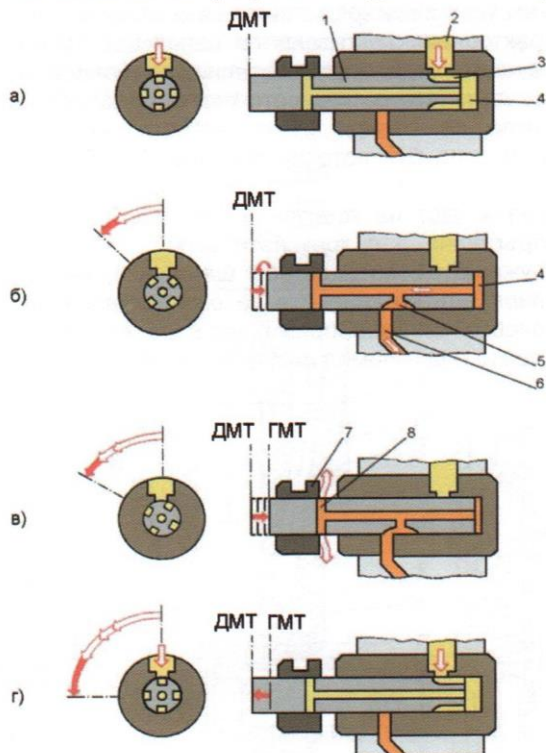
На (фиг. 7.12) е показан принципът на действие на бутална разпределителна помпа.

Буталото 1 извършва едновременно възвратно-постъпателно и въртеливо движение. Когато се намира в долно положение (ДМП) пълнителен канал 3 от буталото съвпада с канала 2 на цилиндъра, през който постъпва гориво за запълване на обема на цилиндъра 4 (фиг. 7.12 а).

След това, едновременно с въртеливото движение, буталото започва да се движи към ГМТ, при което каналът 2 се затваря (фиг. 7.12 б) и горивото се изтласква под високо налягане от цилиндъра през централния, разпределителния канал 5 и нагнетателния канал 6, през нагнетателния клапан 13 и щуцера 12 (фиг. 7.11) към дюзата 11 на съответния цилиндър. Подаването на гориво за впръскване ще продължава до момента на излизане на напречният канал 8 над дозатора 7 (фиг. 7.12 в). Тогава горивото изтича през



надлъжния и напречния канали и се прекратява подаването на гориво.



Фиг. 7.12. Схема на процеса на горивоподаване в разпределителна помпа бутален тип: 1-бутало; 2-пълнителен канал на цилиндъра; 3-канали в буталото; 4-обем на цилиндъра; 5-разпределителен канал; 6-нагнетателен канал; 7-дозатор; 8-напречен канал; а,г - процес на запълване с гориво; б-процес на подаване на гориво за впръскване; в-край на подаване на гориво.

При ход на буталото към ДМТ, поради продължаващото въртене на буталото, следващият пълнителен канал ще съвпадне с канала 2, а разпределителният канал 5 е насочен към следващия нагнетателен канал от блока за високо налягане.

Чрез изместване на дозатора по дължината на буталото, се променя момента на излизане на напречния канал над дозатора, с което се променя цикловото количество гориво.

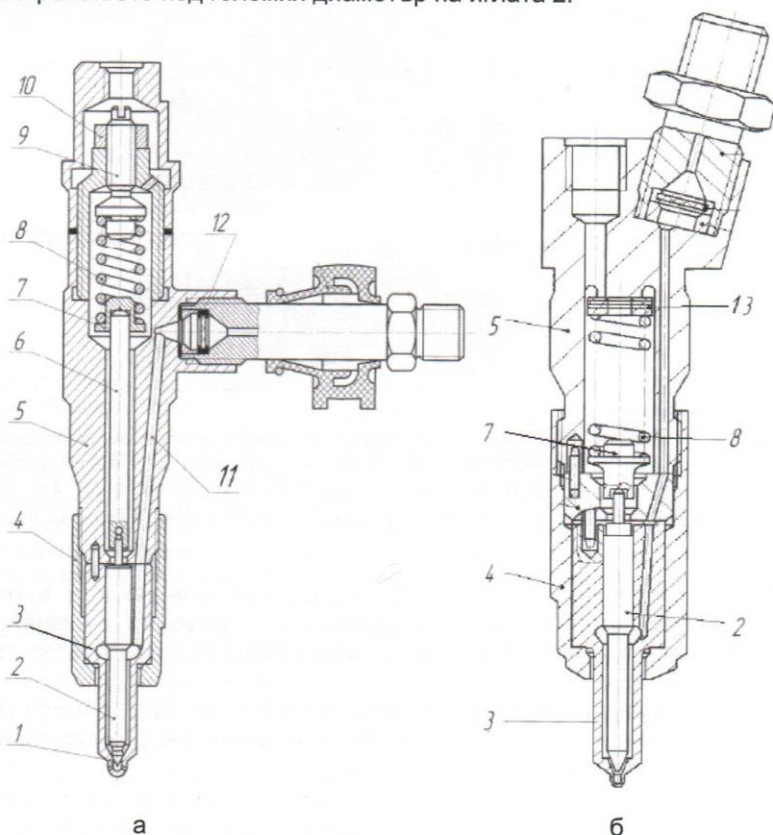
## Дюзи

Дюзата служи за разпръскване и разпределение на горивото в горивната камера на дизеловия двигател. В зависимост от начина на образуване на сместа към дюзата се поставят различни изисквания. В дизеловите двигатели с непосредствено впръскване тя трябва да осигури по-fino разпръскване на горивото отколкото в двигателите с предкамера или с вихрова камера. В предкамерния или вихрокамерния двигател работата на дюзата е значително облекчена, тъй като финото разпръскване и смесването на горивото с въздуха

се извършва от енергията на горивото, изгоряло в предкамерата, или от енергията на въздушния вихър във вихровата камера.

В автотракторните двигатели се използват затворени дюзи. Те имат затваряща игла, която отделя нагнетателния тръбопровод от горивната камера и осигурява впръскването на горивото под определено налягане. Обикновено затварящата игла се отваря от налягането на горивото по време на нагнетателния ход на буталото на помпата. Такива дюзи са с *хидравлично управление*.

Към долната част на корпуса 5 (фиг. 7.13), посредством гайката 4 е монтиран разпръсквача 3 с конусната игла 2. Иглата на разпръсквача се притиска от пружината 8 посредством щангата 6, така че конусният връх на иглата да затваря плътно каналите за разпръскване на гориво 1. Горивото, подавано под високо налягане, преминава през мрежестия филтър 12 и канала 11 в пространството под големия диаметър на иглата 2.



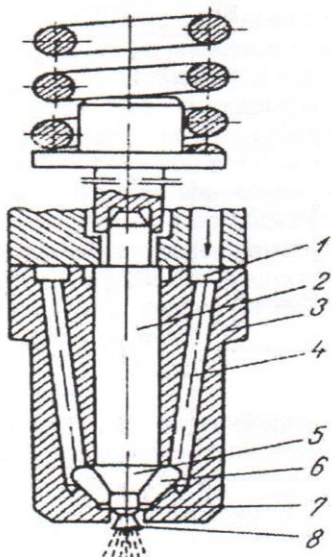
Фиг. 7.13. Дюза: а - с регулиращ винт; в - с регулировъчни пластини; 1-отвори на разпръсквача; 2-игла на разпръсквача; 3-корпус на разпръсквача; 4-гайка; 5-корпус на дюзата; 6-щанга; 7-опорна талерка; 8-пружина; 9-регулирущ винт; 10-законтяща гайка; 11-канал за подаване горивото към разпръсквача; 12-мрежест филтър; 13-регулирувщи шайби.

Чрез регулиращия винт 9 се променя натегнатостта на пружината, за регулиране налягането на впръскване.



Разпръсквачът се състои от тяло 3 и игла 2 (фиг. 7.14) .

Под действие на пружината, иглата се притиска към тялото и затваря разпръскващия отвор. От горивонагнетателната помпа по тръбопровода за високо налягане горивото се подава в пръстеновидния канал 1, наклонените канали 4 и камерата 6. Изходът на горивото е затворен от иглата.



Фиг. 7.14. Схема на разпръсквач: 1-пръстеновиден канал; 2-игла на разпръсквача; 3-тяло на разпръсквача; 4-наклонени канали за горивото; 5-конусна повърхнина; 6-камера; 7-уплътняващ конус; 8-щифт.

При подаване на горивото от помпената секция поради високото му налягане, иглата се повдига, като преодолява силата на пружината, и горивото се впръсква в горивната камера на двигателя. Когато винтовият ръб на буталото от секцията отвори преливния отвор на цилиндъра (помпа шибърен тип) и налягането спадне, под действието на пружината иглата затваря разпръскващия отвор и впръскването се прекратява.

Ходът на иглата на разпръсквача е  $0,2 \pm 0,4$  mm и се ограничава от допирането на направляващата част на иглата до тялото на дюзата.

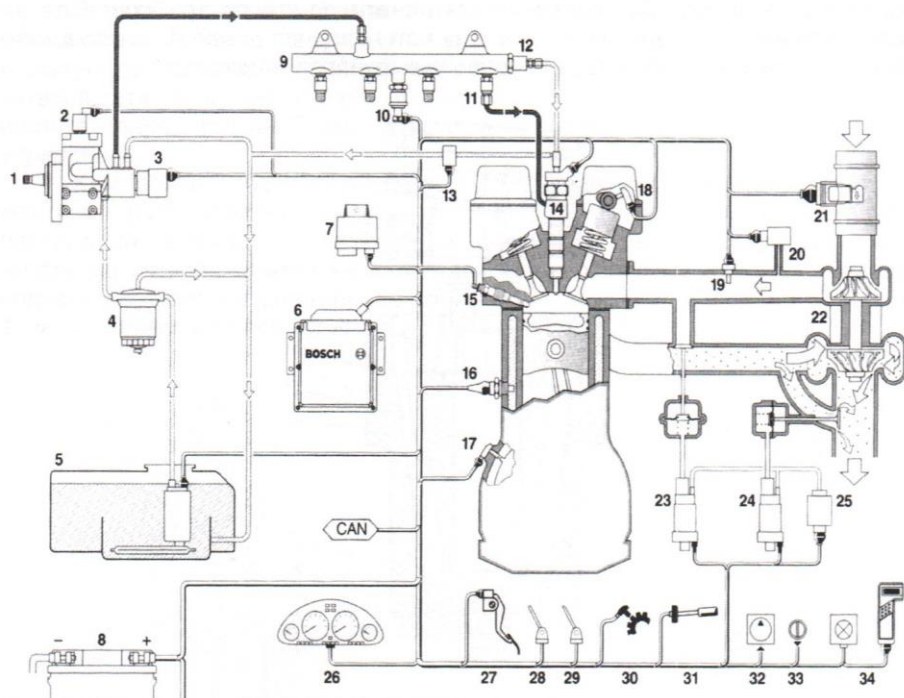
Налягането, при което иглата на разпръсквача се отделя от седлото, се нарича *налягане на отваряне на иглата*. Налягането на отваряне на иглата се регулира чрез изменение на натегнатостта на пружината. Освен чрез регулиращ винт натегнатостта на пружината може да бъде променяна и чрез регулировъчни подложни шайби (фиг. 7.13 б).

Регулировъчните шайби 13 се поставят между пружината 8 и корпуса на дюзата 5. Натегнатостта на пружината се регулира чрез изменение на броя им или чрез замяната им с шайби с различна дебелина.

#### 7.4. Акумулаторна горивна система

Преди стартиране на двигателя, електрическата помпа за ниско налягане в резервоара 5 (фиг. 7.15) се включва за няколко секунди, позволявайки запълването на горивната система с гориво с налягане около

0,25 MPa .



Фиг. 7.15. Принципна схема на акумулаторна горивна система: 1-горивна помпа за високо налягане; 2-електрически клапан; 3-клапан за регулиране на налягането; 4-филтър; 5-резервоар; 6-електронен блок 7-блок за управление на подгревните свещи; 8-акумулаторна батерия; 9- акумулатор за високо налягане; 10-преобразувател за налягането в акумулатора; 11-ограничител на подаването на горивото; 12-предпазен клапан за ограничаване на налягането; 13-преобразувател за температурата на горивото; 14-електрохидравлична дюза; 15-подгриваща свещ; 16-преобразувател за температурата на охлаждащата течност; 17-преобразувател определящ, положението на колянвия вал; 18-преобразувател за положението на разпределителния вал; 19-преобразувател за температурата на въздуха; 20-преобразувател за налягането на въздуха; 21-разходомер на въздуха; 22-турбокомпресор; 23-клапан за рецикулация на отработени газове; 24-байпасен клапан за пропускане на отработените газове; 25-вакуум помпа; 26-табло с уреди; 27- преобразувател за положението на педала на газта; 28-преобразувател за положението на педала на спирачките; 29-преобразувател за положение на съединителя; 30- преобразувател на скоростта на автомобила; 31-електронен блок за системата за поддържане на скоростта; 32-компресор на климатика; 33-блок, управляващ компресора; 34-дисплей за диагностика.

Предварителното запълване на системата спомага за нормалното зареждане на помпата за високо налягане. В същото време електронният блок 6 определя оптималните параметри за пускане на двигателя, получавайки информация за: температурата на въздуха от преобразователя 19, налягането на въздуха от преобразователя 20, температура на горивото от преобразователя 13, температурата на охлаждащата течност от преобразователя 16.

Помпата 1 подава горивото под високо налягане към акумулатора 9. Налягането в акумулатора се поддържа оптимално за всеки работен режим от



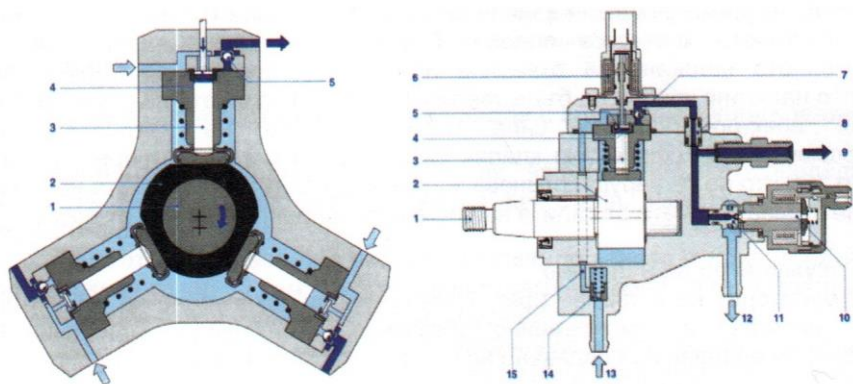
електромагнитния клапан 3. Чрез тръбопроводи горивото от акумулатора достига до електрохидравличните дюзи 14. Дюзите впръскват гориво при подаване на управляващ електрически импулс от електронния блок 6. Количеството гориво, впръсквано от дюзата зависи от налягането на горивото и продължителността на електрическия импулс. С цел да се подобри качеството на горивния процес, да се намалят вредните емисии и да се намали шума на двигателя – цикловото количество гориво се подава с голямо налягане (до 200 МПа) и не еднократно (еднофазно), а на поредица от малки порции (двуфазно или многофазно), като общия им брой достига 5 за един цикъл.

При развъртане на колянния вал от стартера, се задейства и помпата за високо налягане 1, а в същото време електронният блок определя положението на вала чрез преобразувателя 17, а от там и на всяко едно бутало, изчислява се точния момент за впръскване на гориво в съответния цилиндър, определя се точната порция и се подава сигнал към съответната дюза 14. След като заработи двигателят, електронният блок започва да следи и още няколко параметъра като: налягане на въздуха след турбокомпресора с преобразувателя 20, положението на педала на газта с преобразувателя 27, честотата на въртене на колянния вал и др.

### Помпа за високо налягане

Помпата за високо налягане при акумулаторна горивна системата (фиг. 7.16), се различава по това, че няма разпределителна функция, а задачата ѝ е само да създаде високо налягане (до 200 МПа).

Горивото от резервоара се подава на входа 13 на горивната помпа (фиг. 7.16) като преминава през клапана 14.



Фиг. 7.16. Помпа за високо налягане: 1-вал; 2- ексцентрикова втулка; 3- бутало; 4- всмукателен клапан; 5 и 7- нагнетателен клапан; 6-електромагнитен клапан; 8- уплътнение; 9- щуцер; 10- клапан, регулиращ налягането; 11- седло на клапана; 12- магистрала за излишното гориво; 13- магистрала за снабдяване на помпата с гориво; 14- възвратен клапан; 15- канал за ниско налягане.

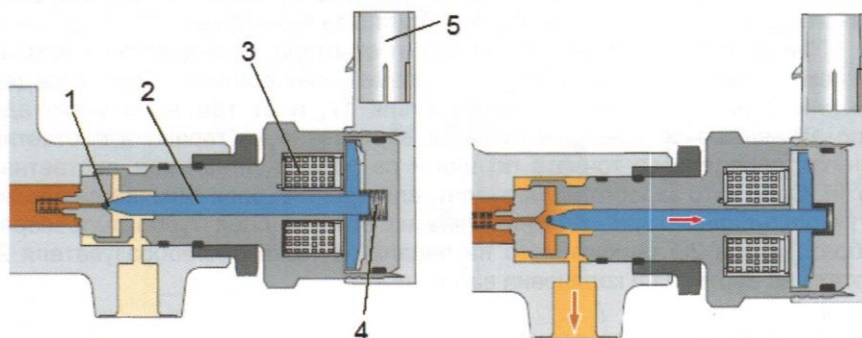
Електрическата помпа потопена в резервоара подава под ниско налягане гориво (0,05 -0,15 МПа), към клапан 14. Горивото постъпва през всмукателния клапан 4 в цилиндъра.

Задвижващият вал 1 чрез ексцентриковата гърбица 2 и пружина предават възвратно–постъпателно движение на буталото 3. Буталото 3 започва да нагнетява горивото, постъпило в камерата, като го подава под високо налягане

към щуцера 9 и клапана за регулиране на налягането 10. Електромагнитния клапан 6 е предназначен да изключва работата на една от помпените секции, когато е необходимо по малко количество гориво.

### Регулатор на налягането

Регулаторът на налягането (фиг. 7.17) служи да поддържа налягането в системата, в зависимост от режима на работа на двигателя.

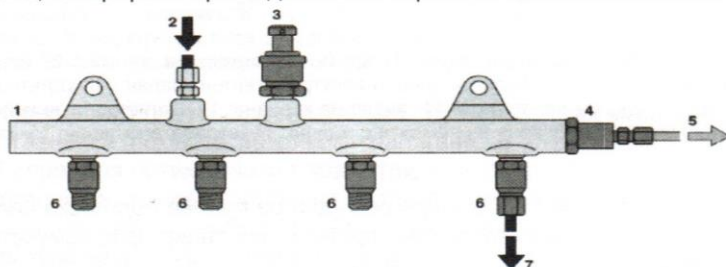


Фиг. 7.17. Клапан за регулиране на налягането: 1- сачмен клапан; 2- котва; 3- електромагнит; 4- пружина на клапана; 5- електрически куплунг.

Когато не се подава захранване на електромагнита 3 сачмения клапан 1 е затворен под натиска на пружината 4. В този случай електромагнитните сили не действат, силите на налягане преодоляват съпротивлението на пружината 4, в резултат на което сачмения клапан се отваря и остава отворен в зависимост от налягането което се подава. Пружината е проектирана така, че максималното налягане за отваряне на клапана достига до 10MPa. Ако високото налягане трябва да бъде увеличено, то към усилието на пружината се добавя електромагнитната сила. При подаване на захранване на електромагнита 3 сферичния клапан се затваря и остава затворен до този момент, докато не се наруши равновесието между силата от високото налягане от една страна и сумата от силите на пружината и електромагнита от друга.

### Акумулатор на налягане

Акумулаторът на налягане (фиг. 7.18) служи за захранване на гориво под високо налягане и едновременно обезпечава затихващите колебания на налягане, генерирани при подаване на гориво от помпата за високо налягане.



Фиг. 7.18. Акумулатор на високо налягане: 1- акумулатор на високо налягане; 2-вход на горивото с високо налягане 3-преобразувател за налягането на горивото в акумулатора; 4- предпазен клапан; 5-тръбопровод за излишното гориво; 6-ограничител на подаваното гориво; 7- тръбопровода за високо налягане към дюзите.

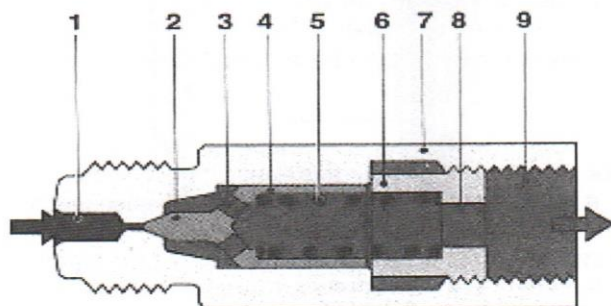


Обемът на акумулатора се подбира да бъде достатъчен за изглаждане на пулсациите.

Високото налягане в акумулатора се явява общо за всички дюзи.

### Предпазен клапан

Предпазният клапан (фиг.19) пропуска част от горивото от акумулатора към резервоара ако налягането превиши допустимото. Чрез канала 1 е свързан с акумулатора, а с канала 9 към преливния тръбопровод. Налягането, при което клапанът 4 се отваря, зависи от натегнатостта на пружината и се променя с регулиращата втулка.



Фиг. 7.19. Клапан-регулатор на налягането: 1-канал за високо налягане; 2-конусовиден клапан; 3-отвори за изтичане на горивото; 4-клапан; 5-пружина; 6-регулираща втулка; 7-корпус на клапана; 8-отвор за изтичане на гориво; 9-канал за излишно гориво.

### Дюзи на акумулаторна горивна уредба с електронно управление

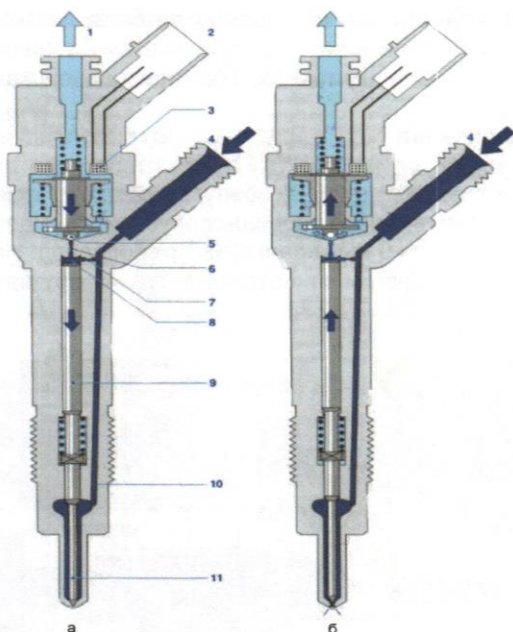
Моментът и продължителността на впръскването се определят от системата за електронно управление на двигателя. Дюзите са с електро-хидравлично управление.

Горивото се подава под високо налягане по канала 4 (фиг. 7.20) и чрез подвеждащия канал 10 към камерата под иглата на разпръсквача, както и през дроселиращия отвор 7 в камерата 8 над буталото 9.

Чрез дроселиращия отвор 5 за отвеждане на горивото, който се отваря от електромагнитния клапан 3, камерата се свързва с магистралата за отвеждане на горивото обратно към резервоара.

При затворен дроселиращ отвор 5, хидравличната сила действаща над буталото 9 на управляващия клапан е по-голяма от хидравличната сила, на горивото действаща под иглата на разпръсквача 11. Вследствие на това иглата плътно затваря отвора на разпръсквача и не се впръсква гориво в горивната камера на двигателя.

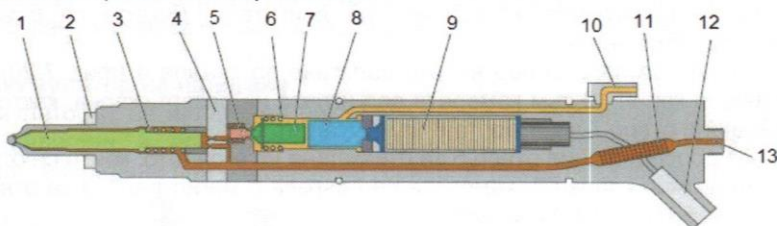
При подаване на напрежение към намотката на електромагнитния клапан 3, котвата се повдига нагоре и отваря дроселиращия отвор 5. Налягането в камерата на управляващия клапан намалява, с което намалява и силата над буталото.



Фиг. 7.20. Дюза: а - дюза в състояние на покой; б - дюза в състояние на впръскване 1- магистрала за излишното гориво; 2- буска; 3- електромагнитен клапан; 4- магистрала за високо налягане; 5- сачмен клапан; 6- дроселиращ отвор; 7- дроселиращ отвор; 8- камера за управление на клапана; 9- бутало; 10- канал; 11- игла.

При това налягането на горивото, под иглата, се увеличава и иглата 11 се повдига, като отваря отворите на разпръсквача, през които се впръсква горивото.

В дюзите с пиезоелектрохидравлично управление (фиг. 7.21) вместо електромагнитен клапан се поставя пиезоелектричен клапан за по-точно управление на процеса на впръскване.



Фиг. 7.21. Дюза с пиезоелектричен клапан: 1- игла на дюзата; 2- уплътнение; 3- пружина на иглата; 4- дроселиращ блок; 5- превключващ клапан; 6- пружина на клапана; 7- междинно стебло; 8- бутало; 9- пиезоелемент; 10- канал за излишно гориво; 11- мрежест филтър; 12- електрическа буска; 13- канал за високо налягане.

Пиезокристалите притежават свойството, когато са под електрическо напрежение, тяхната кристална решетка да се подрежда по друг начин и чрез това кристалът се променя по дължина. Пиезо-елементите са значително по-леки и реагират двойно по-бързо от електромагнитния клапан.

Към изпълнителния пиезomodул 9, състоящ се от няколко отделни кристала, се подава електрическо напрежение, вследствие на което



той се разширява, увеличавайки своя обем. Процесът трае по-кратко от една десетохилядна от секундата, а движението на пиезомодула се предава директно, без никакви механични посредници и загуби от триене на буталото 8, което, преодолявайки силата на пружината 6 премества стеблото 7, което премества превключващия клапан 5 и горивото от обема над иглата 1 започва да изтича през канала за излишно гориво 10.

Равенството на силите действащи над и под иглата се нарушава, силата на пружината 3 се преодолява и иглата се премества нагоре и започва впръскването. Продължителността на впръскване се определя от продължителността на подавания импулс към пиезомодула. При прекъсване подаването на импулс към пиезомодула, той възстановява първоначалното си състояние (свива се), пружината 6 премества буталата 7 и 8 към пиезомодула, превключващия клапан 5 затваря подстъпа на гориво към канала 10, обемът над иглата 1 се запълва с гориво. Силите, действащи над и под буталото се изравняват, пружината 3 затваря иглата и впръскването се преустановява.

### 7.5. Регулатори

Работата на дизеловите двигатели с честотата на въртене над номиналната се ограничава не само от якостта на възлите и частите на двигателя, но и от рязкото влошаване на качеството на работния процес. При разтоварване на двигателя регулаторът на максималната честота на въртене трябва да премести регулиращия орган по посока на намаляване на подаването на гориво, като по този начин ограничи честотата на въртене на колянвия вал при работа на двигателя на празен ход.

За тракторните и автомобилните двигатели голямо значение има устойчивостта на работата им на празен ход с минимална честота на въртене, тъй като те често работят на този режим (при превключване на предавките и при кратковременно спиране на машината).

За устойчива работа на дизеловия двигател е необходим регулатор на минималната честота на въртене на празен ход, който при намаляване на честотата на въртене да изменя положението на регулиращия орган на горивонагнетателната помпа така, че цикловото количество гориво да нараства.

Разгледаните особености на дизеловия двигател налагат да се използва регулатор, който да въздейства на работата на двигателя при максимална и минимална честота на въртене. Такъв регулатор се нарича *двурежимен*. С двурежимни регулатори са снабдени обикновено автомобилните дизелови двигатели.

За по-голяма част от дейностите, извършвани с трактори, комбайни пътностроителни машини и др., е необходима постоянна скорост на движение на прикачните и навесните агрегати. Това е възможно само при работа на двигателя с постоянна честота на въртене. Съвременните тракторни дизелови двигатели са снабдени с регулатори, които осигуряват устойчива работа на двигателя на всеки зададен честотен режим - от минимално устойчива честота на въртене на празен ход до максимално допустимата при пълно натоварване на двигателя. Това позволява да се избере най-изгодната скорост на движение на тракторния агрегат при извършване на всяка работа. Тези регулатори се наричат *всережимни*.

Дизеловите двигатели на тежките товарни автомобили, работните условия на които са близки до тези на тракторните двигатели, също са снабдени с всережимни регулатори. Според принципа на действие

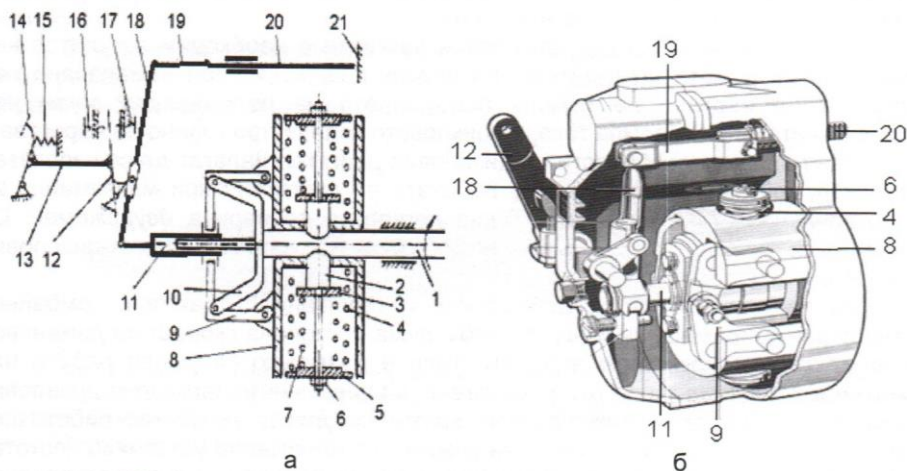
регулаторите биват механични, пневматични, хидравлични и комбинирани. За автомобилните и тракторните двигатели се използват предимно механични центробежни регулатори. В съвременните дизелови двигатели се използват и електронни системи за комплексно управление на двигателя.

### Механични регулатори

Устройството в регулатора, което отчита отклонението на регулируемия параметър (честотата на въртене), се нарича *чувствителен елемент*. В случаите, когато чувствителния елемент е свързан непосредствено с регулиращия орган на двигателя (рейката на горивонагнетателната помпа или дроселната клапа на карбуратора) *регулаторът е с пряко действие*. Ако между чувствителния елемент и регулиращия орган на двигателя е включен усилвател, *регулаторът е с непряко действие*. Автомобилните и тракторните двигатели са с регулатори с пряко действие. Най-разпространен е механичният чувствителен елемент от центробежен тип. Регулаторите с такъв чувствителен елемент се наричат *центробежни регулатори*.

### Двурежимен центробежен регулатор.

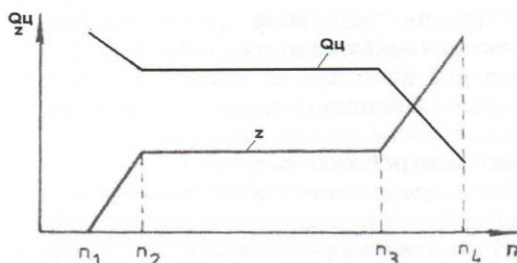
Принципната схема на двурежимен центробежен регулатор е дадена на фиг. 7.22. На вала 1 на горивонагнетателната помпа са монтирани кръстачката 2 на центробежните тежести и кръстачката 10 на лостовите на тежестите. Върху цилиндричните прътове на кръстачката 2 са надянати свободно тежестите 8, които могат да се преместват радиално. На прътовете на кръстачката 2 са поставени талерките 3, които служат като опора на предварително натегнатите вътрешни пружини 7.



Фиг. 7.22. Схема на двурежимен регулатор: а-схема; б-общ изглед; 1-вал на ГНП; 2-кръстачка; 3-вътрешна талерка; 4-външна пружина; 5-външна талерка; 6-регулираща гайка; 7-вътрешна пружина; 8-тежест; 9-двухраменен лост; 10-кръстачка на лостовите; 11-муфа; 12-лост на регулатора; 13-щанга; 14-педал; 15-пружина на педала; 16-регулиращ винт-ограничител за изключено подаване на гориво; 17- регулиращ винт-ограничител на подаването на гориво; 18-вилка на регулатора; 19-междинна щанга; 20-рейка; 21-упор на рейката.



При увеличаване честотата на въртене, центробежните сили на тежестите натоварват външните пружини 4, които предварително са слабо натегнати. Когато честотата на въртене достигне  $n_1$  (фиг. 7.23), центробежните сили на тежестите се изравняват със силите на външните пружини.



Фиг. 7.23. Ход на рейката  $z$  и изменение на цикловото количество гориво  $Q_c$ .

При по-нататъшно увеличение на честотата на въртене, под действие на центробежните сили на тежестите, външните пружини се свиват и тежестите постепенно се разтварят. С тежестите чрез двураменните лостове 9 е свързана муфата 11, която при разтваряне на тежестите се премества надясно и чрез вилката 18 и съединителното звено 19 премества рейката 20 на горивонагнетателната помпа наляво. Така подаването на гориво се намалява.

При честота на въртене  $n_2$  тежестите на регулатора, с вътрешната си опорна повърхност, достигат до талерките 3 и не се преместват по-нататък, тъй като силата на двете пружини е значително по-голяма от центробежната сила на тежестите при достигната честота на въртене. Действието на регулатора при изменение на честотата на въртене в интервалите  $n_1$  до  $n_2$  съответства на работата на двигателя на празен ход.

При увеличаване на честотата на въртене от  $n_2$  до  $n_3$  тежестите, а следователно и муфата на регулатора не се преместват. При достигане честота на въртене  $n_3$  центробежната сила на тежестите става равна на сумарната сила на двете пружини и при по-нататъшното увеличаване на честотата на въртене тежестите постепенно се разтварят, като преместват муфата на регулатора, а чрез вилката - и рейката на помпата. Максималната честота на въртене на вала при работа на двигателя на празен ход е  $n_4$ .

С педала 14, свързан чрез щангата 13 с лоста 12 на регулатора, водачът на машината въздейства непосредствено на рейката на горивонагнетателната помпа. При завъртане на лоста на регулатора вилката 18 се завърта около шарнира на муфата 11 и измества рейката. В съответствие с преместването на рейката се изменя и подаването на гориво. При определено натоварване на двигателя честотата на въртене на колянвия вал зависи от цикловото количество гориво. Така в зависимост от работните условия на машината, като въздейства непосредствено на рейката на горивонагнетателната помпа чрез педала 14, водачът поддържа необходимата честота на въртене на вала на двигателя в границите от  $n_2$  до  $n_3$ . В този интервал на честотата на въртене регулаторът не действа. В случай че честотата на въртене превиши  $n_3$ , регулаторът се включва и независимо от действията на водача намалява подаването на гориво.

Номиналната честота на въртене на колянвия вал на двигателя се регулира с натягане на пружините 4 и 7 на регулатора с регулиращата гайка 6.

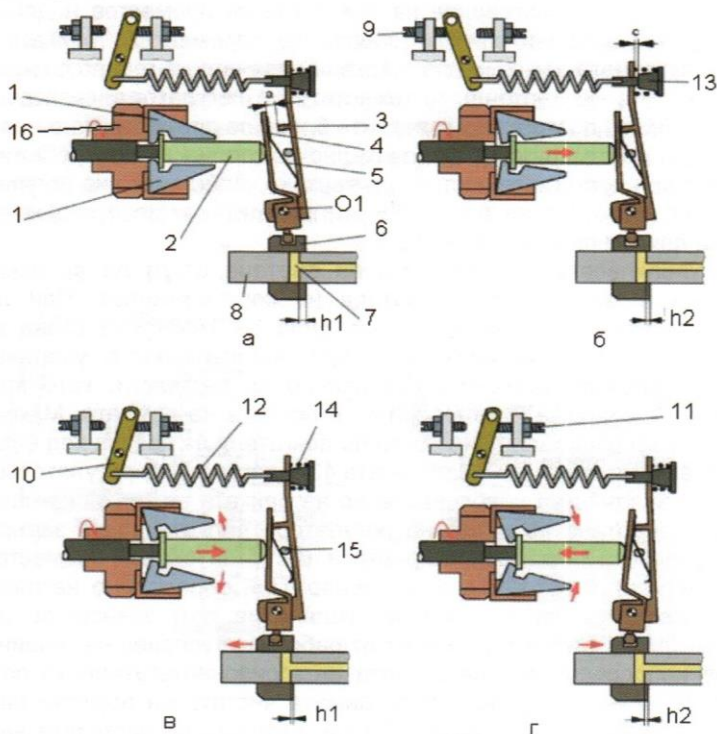
С регулиращия винт 17 се ограничава завъртането на лоста на регулатора по посока на увеличаване на подаването на гориво. При неработещ двигател, като се завърти лостът 12 по посока на часовниковата стрелка, рейката се премества, докато достигне неподвижната опора 21, след което чрез муфата 11 и лостовите 9 тежестите се разтварят. С регулиращия винт се ограничава положението на лоста на регулатора, при което опорната повърхност на тежестите достига вътрешната талерка 3.

С регулиращия винт 16 се ограничава положението на лоста на регулатора, при което се изключва подаването на гориво от помпата.

### Всережимен центробежен регулатор.

На фиг. 7.24 е представен всережимен регулатор на разпределителна помпа бутален тип.

Тежестите 1 на регулатора са монтирани в корпус 16, който получава въртливо движение от вала на помпата. Радиалното преместване на тежестите се преобразува в осево преместване на муфата 2, която променя положението на пусковия лост 4 и лоста на регулатора 3, които завъртайки се около ос  $O_1$ , местят дозатора 6, променяйки по този начин цикловото количество гориво.



Фиг. 7.24. Всережимен регулатор: а-пусков режим; б-празен ход; в-намаляване на натоварването; г-увеличаване на натоварването; 1-тежести; 2-муфта; 3-лост на регулатора; 4-пусков лост; 5-пружина за пусково подаване; 6-дозатор; 7-радиален отвор в буталото; 8-бутало; 9-регулируем винт за минимална честота; 10-управляващ лост; 11-регулируем винт за максимална честота; 12-пружина на регулатора; 13-фиксатор; 14-пружина за празен ход; 15-упор; 16-корпус на тежестите.



В горната част на лоста на регулатора 3 опира пружината за празен ход 14, а между лостовите 3 и 4 е поставена плоска пружина за пусково подаване 5. Лостът за управление 10 въздейства на работната пружина 12, вторият край на която е закрепен към фиксатора 13. По този начин положението на системата от лостове, а оттам и на дозатора се определя от взаимодействието на две сили – силата на предварителната натегнатост на работната пружина (задавана чрез лоста за управление 10) и центробежната сила на тежестите приложена върху муфата 2. При неработещ двигател (фиг. 7.24 а) и лоста 10 завъртян до винта 11, пружината 12 чрез лостовите 3 и 4 измества муфата 2 в крайно ляво положение, а дозатора – в положение за максимално подаване на гориво. За това съдейства и пружината за пусково подаване 5, постоянно стремяща се да премести дозатора към максимално подаване.

След пускането на двигателя, тежестите под действието на центробежните сили започват да се разтварят и преместват муфата 2 на дясно, като завъртат лостовите 3 и 4 по посока на часовниковата страна, които установяват дозатора в положение за минимално подаване на гориво. Преместването на лостовата система продължава докато центробежната сила се уравни със силата на пружината 12.

Необходимата честота на работа се установява чрез управляващия лост 10 от водача посредством педала на газта. При завъртането на лоста 10 по часовниковата стрелка се увеличава натегнатостта на пружината 12, вследствие на което чрез лостовите дозаторът се премества в посока за увеличаване на подаването на гориво и честотата нараства дотогава, докато центробежната сила на тежестите не се уравни от силата на пружината. Тази така установена честота се поддържа от регулатора по следния начин:

- при намаляване на натоварването на двигателя скоростта на въртене се увеличава и тежестите започват да се разтварят (фиг. 7.24 в), премествайки лостовата система с дозатора в посока за намаляване подаването на гориво възстановявайки първоначалната честота;

- при увеличаване на натоварването (фиг. 7.24 г), честотата намалява, а вследствие на това и центробежната сила и пружината премества дозатора в посока за увеличаване подаването на гориво за възстановяване на скоростния режим;

- при работа на празен ход с минималната честота на въртене (фиг. 7.24 б), управляващият лост е отпуснал работната пружина 12 и центробежните сили са в равновесие с пружината за празен ход 14. Поддържането на постоянна честота на празен ход се осъществява по аналогичен начин, но от пружината за празен ход и центробежните сили.

## **Електронни регулатори**

### **Общи сведения.**

Акумулаторните горивни уредби с електронно управление позволяват да се оптимизират параметрите на впръскването на гориво и практически да се удовлетворят изискванията към горивната уредба при всички работни режими и работни условия на двигателя. Но доскоро недостатъчното бързодействие на дюзите задържаше използването им в автомобилните и тракторните бързоходни дизелови двигатели. За тези двигатели бяха създадени електронни регулатори, които се враждат в конвенционалните горивонагнетателни помпи (редови многосекционални и разпределителни) вместо механичните регулатори на честотата на въртене и на ъгъла на изпреварване на впръскването на



гориво. Като изпълнителни механизми се използват стъпкови електродвигатели, линейни (пропорционални) електромагнити или силови хидравлични цилиндри с електромагнитни хидравлични разпределители. Чрез тези регулатори се оптимализират цикловото количество гориво и ъгълът на изпреварване на впръскването в зависимост от работните режими и работните условия на двигателя.

Електронният регулатор може да работи като всережимен, двурежимен или комбиниран регулатор на честотата на въртене. Ако работи като всережимен регулатор, водачът с педала на акселератора задава честотата на въртене, при която започва действието на регулатора. Под тази честота на въртене регулаторът изменя положението на регулиращия орган на горивонагнетателната помпа така, че цикловото количество гориво да се променя според външната честотна характеристика на горивонагнетателната помпа. При по-висока честота на въртене от зададената с педала, регулаторът изменя цикловото количество гориво по определен закон, за да се постигне предварително заложената степен на неравномерност.

Ако електронният регулатор работи като двурежимен, в интервала, в който честотата на въртене не се регулира, водачът, чрез педала на акселератора задава изисквания се според него въртящ момент. При дадената честота на въртене електронният регулатор определя цикловото количество гориво, съответно положението на регулиращия орган на горивонагнетателната помпа, и чрез изпълнителния механизъм реагира по подходящ начин (премества при необходимост регулиращият орган на помпата). В зависимост от съпротивителния момент честотата на въртене се запазва (при равенство на въртящия и съпротивителния момент) или се променя – намалява, ако съпротивителния момент е по-голям, или се увеличава, ако съпротивителния момент е по-малък от въртящия момент. При променената честота на въртене регулаторът може да запазва въртящия момент чрез съответно въздействие върху регулиращия орган на горивонагнетателната помпа или да го променя така, че характеристиката на въртящия момент да е наклонена (както е при комбинирания регулатор).

Въз основа на входната информация, постъпваща от преобразувателите в управляващия електронен блок, електронният регулатор определя необходимото положение на регулиращия орган на горивонагнетателната помпа за осигуряване на изискващото се циклово количество гориво, съпоставя го с действителното положение на регулиращия орган, според информацията от съответния преобразувател, и ако има разлика изпраща управляващ сигнал в изпълнителния механизъм за преместване на регулиращия орган в ново положение, за ликвидиране на тази разлика.

Възможно е електронният регулатор да работи като двурежимен или всережимен, в зависимост от работните условия. Управляващият електронен блок разпознава работните условия по честотата на включването на съединителя, превключването на предавките в скоростната кутия и употребата на спирачките, за което получава информация от съответни преобразуватели (превключватели).

По принцип в управляващия електронен блок постъпва информация от съответни преобразуватели за следните основни входни параметри:

- положението на педала на акселератора – от потенциометричен преобразувател. Чрез него водачът задава честотен режим или въртящия момент на двигателя;



- честотата на въртене – обикновено от индуктивен преобразувател, вграден в горивонагнетателната помпа, или разположен непосредствено до зъбния венец на маховика, или назъбен диск върху колянвия вал;
- ъгловото положение на колянвия вал – от индуктивен преобразувател, както и от преобразувателя на честотата на въртене;
- положението на регулиращия орган на горивонагнетателната помпа – от потенциометричен преобразувател, вграден в горивонагнетателната помпа;
- началото на впръскване на горивото – обикновено от индуктивен преобразувател, вграден в дюзата на първия цилиндър, или от потенциометричен преобразувател, вграден в изпълнителния механизъм за регулиране ъгъла на изпреварване на впръскването;
- температурата на охлаждащата течност – от преобразувател с полупроводников терморезистор;
- температурата и налягането на околния въздух;
- температурата и налягането на въздуха в пълнителния тръбопровод (при свръхпълнене);
- температурата на горивото – от преобразувател с полупроводников терморезистор, вграден в горивонагнетателната помпа;
- честотата на включване на съединителя, превключване на предавките в скоростната кутия и употреба на спирачките – от преобразуватели-превключватели.

Исходните параметри на управляващия електронен блок са:

- токът към изпълнителния механизъм за задвижване на регулиращия орган на горивонагнетателната помпа;
- токът към изпълнителния механизъм за регулиране на ъгъла на изпреварване на впръскването;
- токът за управление на клапана за рециркулация на отработили газове.

Електронните регулатори имат следните предимства:

- пускане и спиране на двигателя с отчитане на температурата на въздуха и охлаждащата течност;
- относително лесно и точно осъществяване на желаната външна честотна характеристика на горивонагнетателната помпа (вместо коректори на подаването на горивото и пусков обогатител);
- регулиране на честотата на въртене на празен ход, при изменение на натоварването на двигателя от допълнителното обзавеждане на автомобила;
- възможност за подаване на информация за показване на приборното табло, на разхода на гориво и честотата на въртене;
- възможност за самодиагностика в управляващия блок.

## **Глава 8. Хранителна система на газовите двигатели**

### **8.1. Общи сведения**

Газовите двигатели обикновено са създадени на базата на серийно произвежданите двигатели, предназначени за работа с течно гориво – бензинови и дизелови. Бензиновите двигатели се преоборудват най-лесно за работа с газообразно гориво – всички негови основни възли и детайли остават без промяна.

Най-широко приложение, като газови горива, са намерили втечненият въглеродороден газ (пропан – бутан) и природният газ (метан). Природният газ се добива от газовите находища и е смес от различни газове, като най-голямо е съдържанието на метан – около 90%. Втечненият въглеродороден газ е смес от пропан и бутан, които се получават от така наречените съпътстващи продукти, отделени при преработката на нефта.

Пропан-бутанът и природният газ имат различни физикохимични и моторни свойства.

При нормална температура и налягане 0,2 – 0,8 МПа пропан-бутанът се втечнява. Когато газообразното гориво е втечнено, заема по-малък обем и резервоарите за съхранението му на борда на автомобила са с неголеми размери. Природният газ се втечнява при много високо налягане, което го прави по-непригоден за съхранение. Природният газ се съхранява в газообразно състояние под налягане около 20 МПа и за осигуряване на необходимата якост, резервоарите се изработват със сравнително малки габаритни размери, като на автомобила се монтират няколко броя.

Октановото число на пропан – бутана е 105-115 единици, а на метана – 130. Топлината на изгаряне на единица обем горивовъздушна смес на газовите горива е с около 5% по-ниска в сравнение с бензина, което се отразява в намаление на максималната мощност на двигателите.

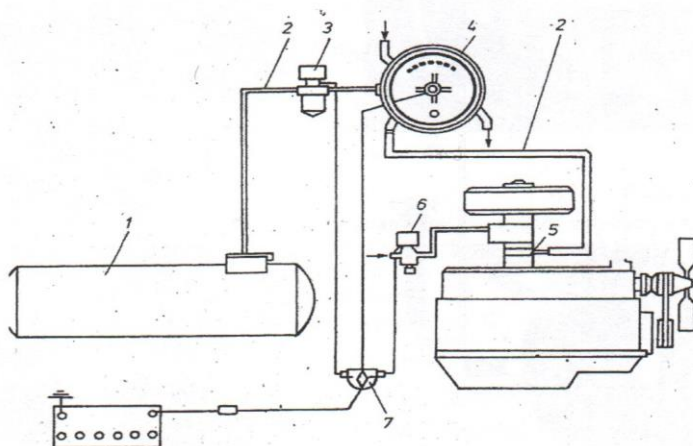
Хранителната система на автомобила с газово гориво включва: резервоар (бутилка), в която се съхранява газовото гориво; газов редуктор за понижаване налягането на газа, който в случаите на използване на природен газ е комбиниран с подгревател, а при използване на втечнен въглеродороден газ – с изпарител; газов смесител, в който се получава хомогенна горивна смес; допълнителна арматура.

### **8.2. Хранителни системи за втечнен въглеродороден газ**

При хранителните системи за втечнен газ основната част от горивото в бутилката се намира в течно състояние. Преминаването му в парообразно състояние става в специален редуктор-изпарител. Налягането на пропан-бутана в бутилката е 1,6 МПа. Особеността на уредбите за втечени газове е в това, че работното налягане в тях зависи само от обемното съдържание на пропана и бутана в пропан-бутановата смес и от температурата на околния въздух и въобще не зависи от количеството на съдържащия се в бутилката газ. За осигуряване на безопасна работа на газовата уредба бутилката трябва да се запълва максимално до 80 % от пълния ѝ обем с течна фаза. Ако няма газова фаза, налягането в бутилката нараства с 0,7 МПа при повишаване температурата на газа с 1 градус.



Принципната схема на автомобилна газова уредба за четиритактов двигател (фиг. 8.1) се състои от бутилка 1 за втечен газ, газов електромагнитен клапан с филтър 3, редуктор-изпарител 4, газов смесител 5, бензинов електромагнитен клапан 6, превключвател 7 и тръбопроводи 2.



Фиг. 8.1. Принципна схема на хранителна система на газов двигател: 1-бутилка за втечен газ; 2-тръбопроводи за пропан-бутан; 3-електромагнитен клапан; 4-редуктор-изпарител; 5-газов смесител; 6-електромагнитен клапан за бензин; 7-превключвател.

Нормалното захранване на двигателя се осъществява от течната фаза в бутилката. Течността от бутилката, през магистралния електромагнитен клапан 3 с вграден в него филтър, постъпва в редуктор-изпарителя 4, където газовото гориво преминава от течна в газообразна фаза и налягането се понижава до атмосферното. След това газът, по тръбопроводът 2 за ниско налягане, постъпва към смесителя 5, който е вграден в стандартния карбуратор или се монтира пред възела с дроселна клапа. Стандартната бензинова хранителна система е запазена, като при необходимост чрез превключвателя 7, който се намира на арматурното табло, може да се изключи електромагнитния клапан за газ и да се включи електромагнитния клапан 6 за бензин. Изпарителят, в редуктора 4, се свързва чрез тръбопроводи с охлаждащата течност на двигателя. Редуктор-изпарителят и електромагнитните клапани се монтират в двигателното отделение.

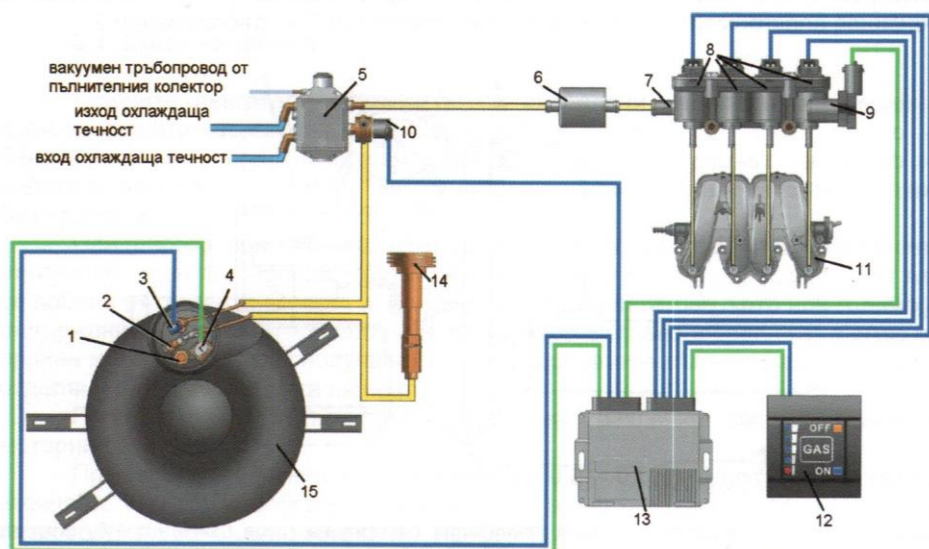
За постигането на високи мощностно икономически показатели на двигателите, работещи с газообразно гориво е необходимо оптимизиране управлението на дозирането му, както и на ъгъла на изпреварване на запалването. Тези изисквания са постигнати в съвременните газови хранителни системи с електронно управление.

Газовата хранителна система с електронно управление може да се раздели на две подсистеми:

- газова горивна уредба;
- система за управление.

Основните елементи на хранителната система (фиг. 8.2) са: зарядно устройство 14; резервоар (бутилка) 15; електромагнитни клапани за газ 3 и 10; редуктор изпарител; филтър 6; газов разпределител 7; електромагнитни дюзи 8; преобразувател за налягане и температура на газообразното гориво;

превключвател с индикатор за количеството на горивото 12 и електронен блок за управление 13.



Фиг. 8.2. Хранителна система за газ пропан-бутан: 1-предпазен клапан; 2-клапан, ограничаващ зареждането на резервоара над 80%; 3 и 10 електромагнитни клапани; 4-преобразувател за количество гориво в резервоара; 5-редуктор-изпарител; 6-филтър; 7-разпределител; 8-дюзи; 9-преобразувател за налягане и температура на газовото гориво; 11-пълнителен колектор на двигателя; 12-превключвател бензин-газ с индикатор за количеството гориво; 13-електронен блок за управление; 14-зарядно устройство; 15-резервоар (бутилка).

*Зарядното устройство* се състои от възвратен клапан и адаптер за зареждащия „пистолет“. Зарядното устройство може да се монтира непосредствено на блока клапани на резервоара или да бъде изнесен от външната страна на автомобила.

При зареждане, възвратният клапан пропуска втечнения въглеводороден газ към резервоара, но не позволява изтичането му обратно в атмосферата след отделянето на „пистолета“ от адаптера.

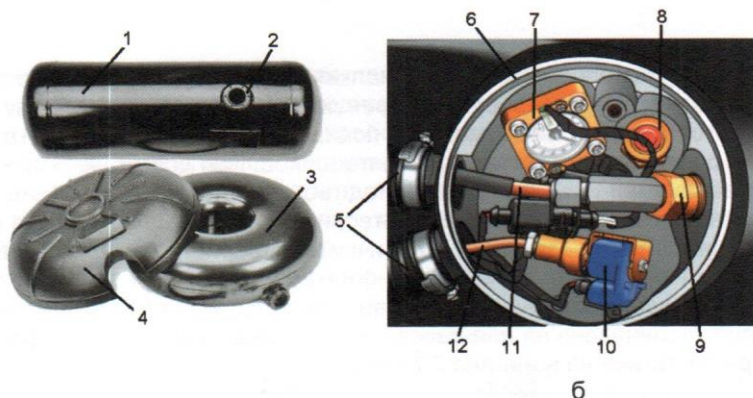
Конструкцията на адаптерите е стандартизирана (за страните от ЕС има три конструкции). В съвременните газови уредби е приет вариантът, зарядното устройство на автомобила да включва само възвратния клапан, а адаптерът да се монтира към него при зареждане.

*Резервоарът* (фиг. 8.3 а) за втечен въглеводороден газ се изработва с цилиндрична 1 или тороидална 3 (ако се монтира на мястото на резервното колело) форма, от стомана с дебелина 3,5 mm.

Към гърловината 2 на резервоара се монтира блокът с клапани (фиг. 8.3 б) в херметично затворена кутия 6. Вентилационните тръбопроводи 5 отвеждат пропуснат газ (в случай на загуба на херметичност) извън салона на автомобила. При зареждане, горивото от зарядното устройство постъпва в резервоара по тръбопровода 11 и клапана за контрол на запълването му 9.

Горивото се подава към редуктор изпарителя чрез електромагнитния клапан 10 и тръбопровода 12. В блока са монтирани още нивомерът 7 с преобразувател за наличното количество гориво и предпазният клапан 8.





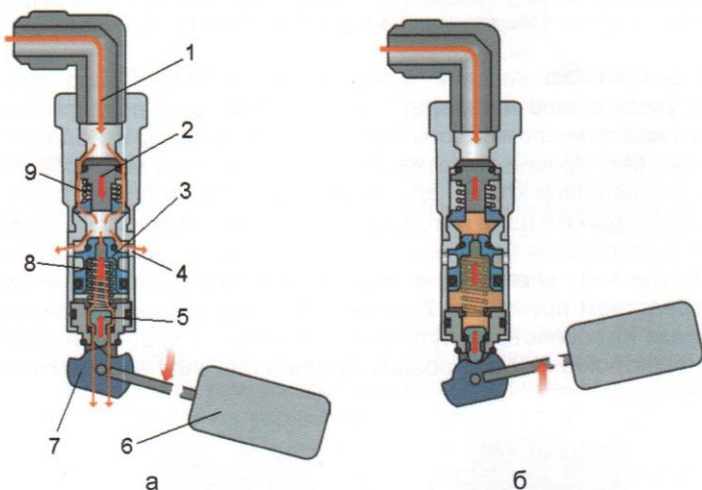
а

б

Фиг. 8.3. Резервоари за втечнен въглеродороден газ и блок клапани: а-резервоари; б-блок с клапани; 1-цилиндричен резервоар; 2-гърловина на резервоара; 3-тороидален резервоар; 4-предпазен капак; 5-тръбопроводи за отвеждане на пропуски на газ; 6-изолираща кутия; 7-нивомер; 8-предпазен клапан; 9-клапан за контрол на запълването; 10-електромагнитен клапан; 11-тръбопровод за зареждане; 12-тръбопровод за захранване на редуктор изпарителя.

От съображения за безопасност само 80% от обема на бутилката се запълва с течна фаза на горивото, като останалият обем, запълнен с газова фаза, предотвратява прекомерното нарастване на налягането при повишаване на температурата.

Клапанът за контрол на зареждането (фиг. 8.4) прекратява запълването на бутилката при достигане на допустимия максимум.



а

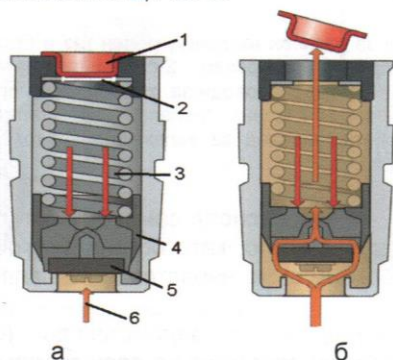
б

Фиг. 8.4. Клапан за контрол на зареждането: а-отворен; б-затворен; 1-тръбопровод за зареждане; 2-клапан; 3-шибър; 4-отвори; 5-запорен клапан; 6-поплавок; 7-гърбична щайба; 8-пружина на шибъра; 9-пружина на клапана.

Клапанът е свързан механично със системата за измерване количеството на горивото в резервоара. Положението на поплавок 6 се определя от нивото на течната фаза на горивото в резервоара. Поплавъкът е свързан с гърбичната щайба 7, която чрез профила си управлява запорния клапан 5. Под въздействие на налягането на горивото, при зареждането, клапанът 2 и шибърът 3 се преместват надолу и горивото изтича през отворите 4 в

резервоара. Гориво преминава и през малкия осев отвор в шибъра и отворения запорен клапан 5. При отворен запорен клапан, в камерата между него и шибъра, не се създава налягане. При повишаване нивото на течната фаза в бутилката, поплавъкът завърта гърбичната шайба. При достигане положението, съответстващо на 80% запълване, вдлъбнатината в гърбичната шайба позволява на запорния клапан да се затвори. Налягането в обема над него се увеличава и шибърът затваря страничните отвори 4 за прекратяване на зареждането.

Предпазният клапан предпазва бутилката от разрушаване при прекомерно увеличаване на налягането в нея. Предпазният клапан (фиг. 8.5) се отваря при достигане на налягане 2,7 МПа.

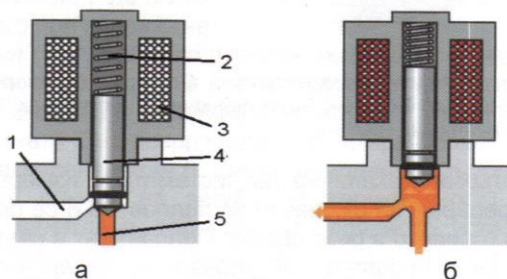


Фиг. 8.5. Предпазен клапан: а-затворен; б-отворен; 1-предпазен капак; 2-изходящ отвор; 3-пружина; 4-клапан; 5-уплътнителен елемент; 6-налягане на горивото в бутилката.

Пружината притиска клапана с уплътнението към отвора свързан с бутилката. При увеличаване налягането над 2,7 МПа газът повдига клапана 4 преодолявайки силата на пружината 3 и изтича в кутията на блока, а чрез вентилационните тръбопроводи се отвежда извън салона на автомобила.

Електромагнитният клапан служи да прекратява подаването на гориво при преминаване на работа на двигателя на бензин, или при изключването му и се управлява от електронния блок.

Електромагнитният клапан (фиг. 8.6) се монтира към блока клапани на бутилката. Посредством пружината 2 котвата 4 затваря канала 5, по който се подава течна фаза на горивото от бутилката. По време на работа на двигателя с втечнен газ, електронният блок подава напрежение към електромагнитната намотка 3 на клапана.



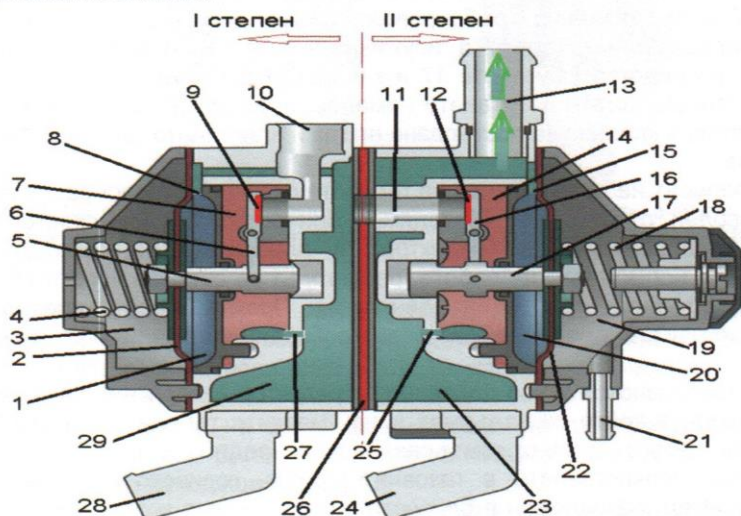
Фиг. 8.6. Електромагнитен клапан: а-изключен; б-включен; 1 канал към редуктор-изпарителя; 2-пружина; 3-електромагнитна намотка; 4-котва; 5-канал от бутилката.



При протичането на ток през намотката на електромагнита се създава електромагнитно поле, което повдига котвата, преодолявайки силата на пружината и горивото преминава в тръбопровода 1 към редуктор-изпарителя.

Редуктор изпарителят понижава налягането на горивото до стойност с 0,1 МПа по-високо от налягането в пълнителния колектор на двигателя. Освен това в него, горивото се изпарява и преминава от течно в газообразно състояние.

Показаният на фиг. 8.7 редуктор-изпарител е двустепенен с подгряване от охладителната система.



Фиг 8.7. Редуктор-изпарител: 1-управляваща камера I; 2-мембрана; 3-пружинна камера; 4-пружина; 5-бутало I; 6-лост I; 7-вътрешна камера I; 8, 15, 25 и 27-свързващи канали; 9-клапан I; 10-вход гориво с високо налягане; 11-пропускателен канал; 12-клапан II; 13-изход газ с ниско налягане; 14-вътрешна камера II; 16-лост II; 17-бутало II; 18-пружина; 19-пружинна камера II; 20-управляваща камера II; 21-щуцер за вакуумната магистрала от пълнителния колектор; 22-мембрана II; 23-външна камера II; 24-изход охлаждаща течност; 26-уплътнение; 28-вход охлаждаща течност; 29-външна камера I.

В първата степен налягането се намалява до 0,2 МПа. Втечненият газ постъпва през канала 10 и клапана 9 във вътрешната камера 7 на първата степен. От вътрешната камера през канала 27 преминава във външната камера 29, а оттам по канал 8 - в управляващата камера 1. Попадайки в тези камери горивото се разширява и преминава в газообразно състояние. Върху мембраната действат от една страна силата от налягането на газа, в управляващата камера, а от другата – силите на пружината 4 и атмосферното налягане. Когато налягането превиши 0,2МПа мембраната свива пружината премествайки свързаното с нея бутало 5 на ляво. При това буталото посредством лоста 6 затваря клапана 9 и се прекратява подаването на гориво във вътрешната камера. Горивото от първата степен през пропускателния канал 11 постъпва във втората камера. В резултат на това налягането във първата степен (управляващата камера 1) намалява, и при стойност по-ниска от 0,2 МПа пружината премества мембраната с буталото надясно, и чрез лоста 6 отваря клапана 9 за постъпване на втечен газ.

Във втората камера газът продължава да се разширява, а налягането му се понижава до налягане с 0,1 МПа по-високо от това в пълнителния колектор (след дроселната клапа).

През пропускателния канал 11 и клапанът 12, газообразното гориво, с налягане 0,2 МПа постъпва във вътрешната камера 14 на втората степен и чрез каналите 15 и 25 достига до външната 23 и управляващата камера 20. Пружинната камера 19 посредством щуцера 21 е свързана с пълнителния тръбопровод. Върху мембраната 22 действат силите: от едната страна - на горивото в управляващата камера, а от другата – на пружината и разреждането (вакуума) в пълнителния тръбопровод. Когато налягането в управляващата камера превиши налягането в пружинната камера, мембраната премества лоста 16 посредством буталото 17 и клапанът 12 затваря достъпа на газ във втората степен. Когато налягането намалее, пружината посредством буталото и лоста отваря клапана за постъпване на газ и налягането започва отново да се повишава.

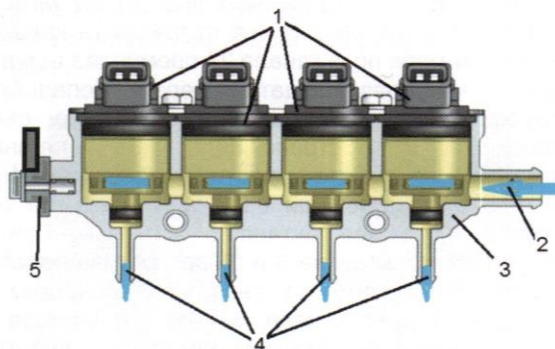
Процесът на преминаване на горивото от течно в газообразно състояние е съпроводен с отнемане на голямо количество топлина, което може да причини обледеняване на редуктора и влошаване на работата му. За осигуряване нормалната му работа, редукторът се свързва чрез тръбопроводи към охладителната система на двигателя. Преминаващата през редуктора гореща охладителна течност осигурява необходимата топлина за изпарение на горивото.

Газообразното гориво подавано от редуктор-изпарителя преминава през фин филтър, в който се задържат и най-малките твърди частици. Филтърът предпазва газовите дюзи от замърсявания и повреди.

След пречистването в газовия филтър, горивото постъпва в газов разпределител, разположен в близост до пълнителния колектор на двигателя. В разпределителя са монтирани електромагнитните дюзи и преобразувателят за температурата и налягането (фиг. 8.8).

Отделните дюзи дозират точно количество газ, който след това по гъвкави тръбопроводи се подава към пълнителните канали на съответните цилиндри. Броят на дюзите в разпределителя е равен на броя цилиндри на двигателя.

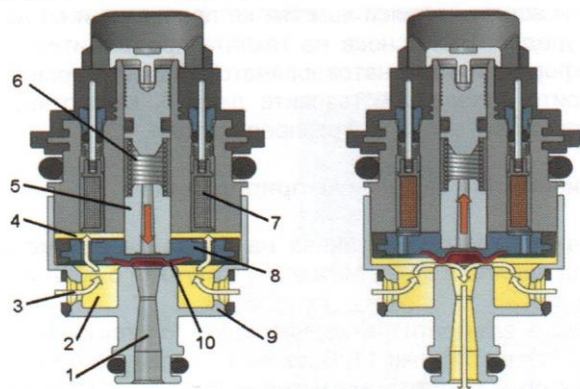
Работата на дюзите се управлява от електронния блок на газовата хранителна система.



Фиг. 8.8. Разпределител на горивото: 1-електромагнитни дюзи; 2-вход на газообразното гориво от филтъра; 3-разпределител; 4-изходи на дозираното гориво към отделните цилиндри; 5- преобразувател за налягането и температурата.



Дюзите (фиг. 8.9) се състоят от корпус 9, електромагнитна намотка 7; котва 8 с бутало 5 и уплътнителна диафрагма 10.



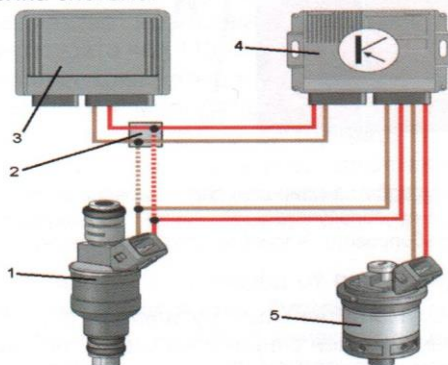
Фиг. 8.9. Дюза: 1-канал за дозираното гориво; 2-камера под котвата; 3-входни отвори за газта; 4-камера над котвата; 5-бутало; 6-пружина; 7-електромагнитна намотка; 8-котва; 9-корпус; 10-уплътнителна диафрагма.

Газообразното гориво, от разпределителя, постъпва в камерата 2 на дюзата през отворите 3. За осигуряване надеждно затваряне на дюзата, в котвата 8 са изработени отвори през които, газ със същото налягане попада в камерата 4 над котвата.

Когато към дюзата не се подава напрежение от електронният блок, пружината 6 посредством буталото 5 притиска котвата 8 с уплътнението 10 за плътно затваряне на изходящия канал 1.

При подаване на импулс (напрежение) към електромагнитната намотка 7 се създава електромагнитно поле. Под неговото действие котвата с уплътнението 10 и буталото се преместват нагоре преодолявайки силата на пружината 6 и каналът 1 се отваря. Количеството гориво, подадено за един цикъл зависи от продължителността на токовия импулс, подаден към намотката от електронният блок.

Управлението на газовата хранителна система се осъществява от електронния ѝ блок 4 (фиг. 8.10), който се свързва с електронния блок 3 на бензиновата хранителна система.



Фиг. 8.10. Схема на свързване на електронният блок на газовата система: 1-дюза за бензин; 2-разклонител; 3-електронен блок на бензиновата хранителна система; 4-електронен блок на газовата хранителна система; 5-газова дюза.

В електрическите връзки на електронният блок 3 на бензиновата хранителна система с бензиновите дюзи 1, се поставят разклонители 2, чрез които управляващите импулси към тях се прекъсват и се подават към блока 4 на газовата уредба. Въз основа на тяхната продължителност (определена на базата на информацията за натоварването), блокът 4 преизчислява времето на импулсите които подава към газовите дюзи 5, като отчита температурата и налягането на газовото гориво в разпределителя.

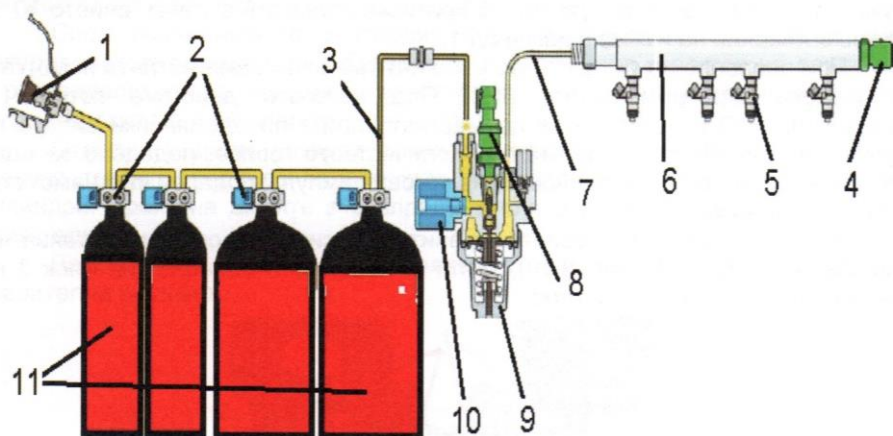
### 8.3. Хранителни системи за природен газ

Природният газ се съхранява на борда на автомобила в газообразно състояние под налягане до 21 МПа в 3 – 4 бутилки с общ обем 120 dm<sup>3</sup> (за леки автомобили).

Основните елементи на хранителната система са (фиг. 8.11): зарядно устройство 1; газови бутилки 11; блокове с клапани 2; стоманен тръбопровод 3; газов редуктор 9 с електромагнитен клапан 10 и преобразувател за високо налягане 8; гъвкав тръбопровод за ниско налягане 7; газов разпределител 6 с дюзи 5 и преобразувател за ниско налягане 4.

Зарядното устройство на тези системи съдържа освен възвратен клапан и мрежест филтър.

Максималното работно налягане на бутилките е 26 МПа, а налягането на изпитване -30 МПа. За да се намали масата им в последно време се изработват от стъклопласти и полимерни материали.



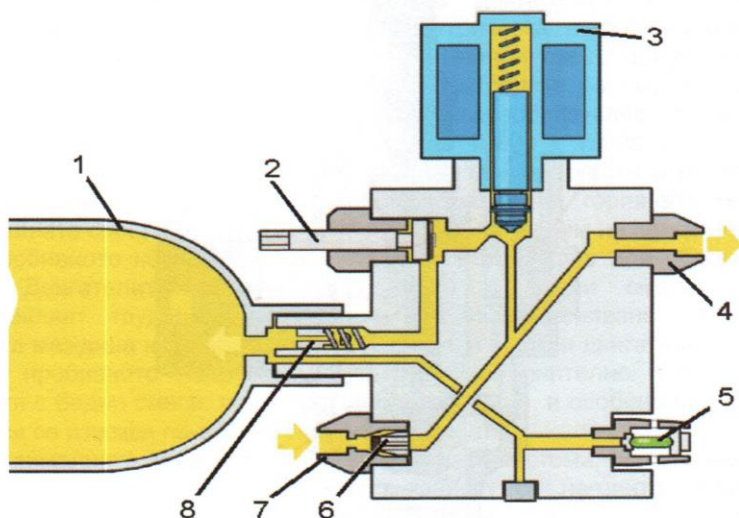
Фиг. 8.11. Горивна уредба за природен газ: 1-зарядно устройство; 2-блок клапани; 3-стоманен тръбопровод; 4-преобразувател за ниско налягане; 5-газови дюзи; 6-газов разпределител; 7-гъвкав тръбопровод; 8-преобразувател за високо налягане; 9-редуктор; 10-електромагнитен клапан.

Блокът клапани, монтиран към бутилките (фиг. 8.12), се състои от: електромагнитен клапан 3; ръчен спирателен кран 2; ограничител на потока газ 8; термичен предпазителен клапан 5.

Електромагнитният клапан се управлява от електронния блок. При работа на двигателя на газ към намотката му се подава напрежение и клапанът



е отворен за подаване на гориво към редуктора. При зареждане (изключен двигател и прекратено подаване на напрежение), клапанът се отваря под действието на високото налягане на постъпващото през щуцера 7 и възвратния клапан 6 гориво.



Фиг. 8.12. Блок клапани: 1-газова бутилка; 2-ръчен спирателен кран; 3-електромагнитен клапан; 4-щуцер присъединителен; 5-термичен предпазителен клапан; 6-възвратен клапан; 7-щуцер за връзка със зарядното устройство или предходната бутилка; 8-клапан ограничител на потока газ.

Ограничителят на потока газ е клапан, прекратяващ изтичането на газ при разрушаване на тръбопровода за високо налягане. При спадане на налягането в тръбопровода с 0,2 МПа спрямо това в бутилката, клапанът затваря изходящия канал и прекратява изтичането на газ.

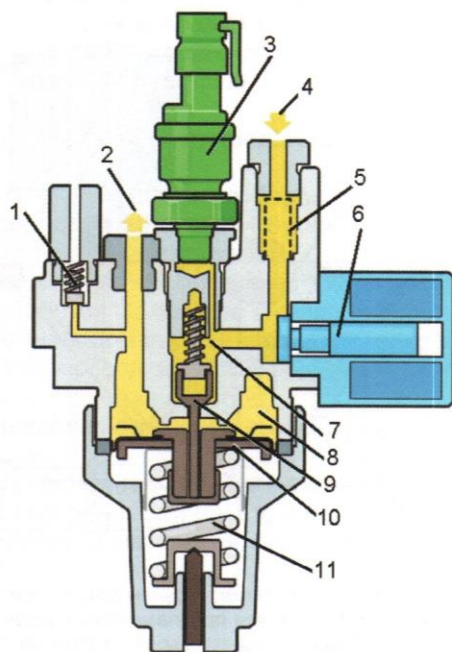
Термичният предпазителен клапан предотвратява разрушаването на бутилката при прекомерно повишаване налягането в нея (при евентуално повишаване на температурата). Представлява стъклена ампула (запълнена с течност), затваряща плътно калиброван отвор, която се разрушава при повишаване на температурата над 110°C.

Ръчният спирателен кран затваря изходящия канал на бутилката и се използва при нейния монтаж или демонтаж.

Редукторът намалява налягането на горивото от 20 Мпа до 0,6 МПа. Показаният на фиг. 8.13 редуктор е механичен едностепенен. Газ от бутилките постъпва в камерата 7 на редуктора при подадено напрежение към електромагнитния клапан 6. Електромагнитният клапан се управлява от електронния блок.

Налягането в камерата 7 се измерва от преобразувателя 3 и служи за оценка степента на запълненост на бутилките. От едната страна на мембраната 10 действа силата на газа в камерата за ниско налягане 8, а от другата силата на пружината 11. При налягане в камера 8 под 0,6 МПа пружината повдига мембраната и клапана 9 и газ с високо налягане преминава към камерата за ниско налягане. Налягането в нея започва да се повишава и когато достигне определена стойност мембраната с клапанът се преместват

надолу, преодолявайки силата на пружината, с което подаването на газ и нарастването на налягането се прекратява.



Фиг. 8.13. Редуктор: 1-предпазен клапан; 2-изход газ към разпределителя; 3-преобразувател за високо налягане; 4-вход газ с високо налягане; 5-филтър; 6-електромагнитен клапан; 7-камера с високо налягане; 8-камера с ниско налягане; 9-клапан; 10-мембрана; 11-пружина.

При понижението на налягането от 20 MPa до 0,6 MPa, газът се разширява, което е свързано с отнемане на топлина от елементите на редуктора. За избягване обледеняването му, редукторът се свързва с охлаждащата система и се подгръва от охлаждащата течност.



## Глава 9. Запалителна система

### 9.1. Общи сведения

Работната смес в цилиндрите на двигателите с принудително възпламеняване се възпламенява от електрическа искра (искров разряд), преминаваща между електродите на запалителната свещ. Напрежението, при което се получава искров разряд между електродите на свещта, се нарича пробивно. За да се получи надеждно искрообразуване е необходимо пробивното напрежение да бъде в порядъка  $12000 \div 13000$  V. То зависи от разстоянието между електродите на свещта, температурата и налягането на работната смес в цилиндъра, конструкцията на горивната камера и запалителната свещ и от параметрите на работния режим на двигателя.

Пробивното напрежение нараства при обедняване или обогатяване на сместа. Двигателите работят икономично с бедни смеси, които се възпламеняват трудно. За сигурното им възпламеняване се увеличава искровата междина на свещта до  $0,8 \div 0,9$  mm, а в някои двигатели - до 1,2 mm. С това, пробивното напрежение нараства допълнително. При работа на двигателя с бедни смеси, при частично натоварване, и особено при пускане на двигателя се изисква по-висока енергия на искрата.

Оптималните параметри на запалителната система, осигуряващи работа на двигателя с бедна горивна смес, зависят от неговите конструктивни особености и от начина на смесообразуване. На базата на множество изследвания като оптимални параметри могат да се приемат следните стойности: разстояние между електродите на запалителните свещи 1,2 mm, максимално вторично напрежение  $30 \div 35$  kV, продължителност на искрата 2 ms и енергия на искрата  $75 \div 100$  mJ.

Работната смес в цилиндъра на двигателя не изгаря мигновено, а в порядъка на няколко милисекунди. Двигателят има най-голяма мощност и най-малък разход на гориво, когато сместа изгаря в най-малък обем (когато буталото е около ГМТ). Това се постига, като работната смес се възпламенява по-рано, преди буталото да достигне ГМТ и завършва след ГМТ. По този начин процесът горене протича при най-малък обем и при най-малки загуби на топлина. Ъгълът на завъртане на колянвия вал, от момента на искрообразуване до достигане на буталото в ГМТ, се нарича *ъгъл на изпреварване на запалването*.

За всеки работен режим на двигателя (определян от натоварването и честотата), ъгълът на изпреварване на запалването има оптимална стойност, при която двигателят има най-добри мощностни и икономически показатели. Оптималният ъгъл на изпреварване на запалването зависи от следните фактори:

1) *Честотата на въртене на колянвия вал*. Увеличаването на честотата на въртене на колянвия вал води до намаляване на времето, през което буталото преминава през ГМТ. Затова с увеличаване честотата на въртене на колянвия вал, ъгълът на изпреварване на запалването се увеличава. Увеличението на ъгъла на изпреварване на запалването се постига посредством центробежни регулатори или с електронно управление.

2) *Натоварване на двигателя*. При намаляване натоварването на двигателя дроселната клапа се притваря, намаляват се налягането и температурата в края на сгъстяването и се увеличава относителното



количество на остатъчните газове. Поради това условията за възпламеняване на сместа се влошават и горенето протича с по-ниска скорост и неустойчиво. Затова при намаляване на натоварването оптималният ъгъл на изпреварване на запалването се увеличава. При увеличаване на натоварването се увеличава количеството на прясната работна смес, а с това и налягането и температурата на работното тяло в края на състояването. Условията за протичане на горивния процес се подобряват – скоростта на горене нараства, а продължителността намалява, което налага работа с по-малък ъгъл на изпреварване на запалването. Изменението на ъгъла на изпреварване на запалването в зависимост от натоварването, се осъществява с вакуумни регулатори или по електронен път.

3) *Детонационното горене.* Детонационното горене представлява неуправляемо бързо горене, съпроводено с рязко местно нарастване на температурата и налягането и образуване на ударни вълни. Възникването на детонационно горене се определя от качеството на горивото и работната смес, температурата, налягането и продължителността на въздействие на температурата и налягането върху работната смес. При по голям ъгъл на изпреварване на запалването сместа изгаря при бързо нарастващи температура и налягане в цилиндъра, което увеличава вероятността за поява на детонационно горене. За всеки работен режим на двигателя и определено гориво, съществува някакъв граничен ъгъл на изпреварване на запалването, при превишаване на който възниква детонационно горене. Признаците за работа на двигателя с детонационно горене са: метално чукане, прегряване, черен дим, намаляване на мощността и икономичността. Продължителната работа на двигателя с детонационно горене е недопустима. Детонационното горене се избягва, като се намали ъгъла на изпреварване на запалването.

В зависимост от първоначалния източник на ток, запалителните системи биват акумулаторни и магнетни, в зависимост от конструкцията – контактни и безконтактни, а според начина на управление – механични и електронни.

## **9.2. Акумулаторна контактна запалителна система**

Акумулаторната запалителна система (Фиг. 9.1) осигурява искра, която да възпламени горивната смес с необходимото високо напрежение  $20000 \pm 22000$  V. Тя се състои от следните елементи: акумулаторна батерия 1 с номинално напрежение 12 V, контактен ключ 2, индукционна бобина 3, която преобразува тока с ниско напрежение в ток с високо напрежение, прекъсвач-токоразпределител 4, кондензатор 5, контакти 6, вакумен регулатор 7, променящ ъгъла на изпреварване на запалването в зависимост от натоварването на двигателя, палец 8, запалителни свещи 9, разпределителна капачка 13, гърбичен вал 14 на токоразпределителя 4; центробежен регулатор и проводници за ниско и високо напрежение.

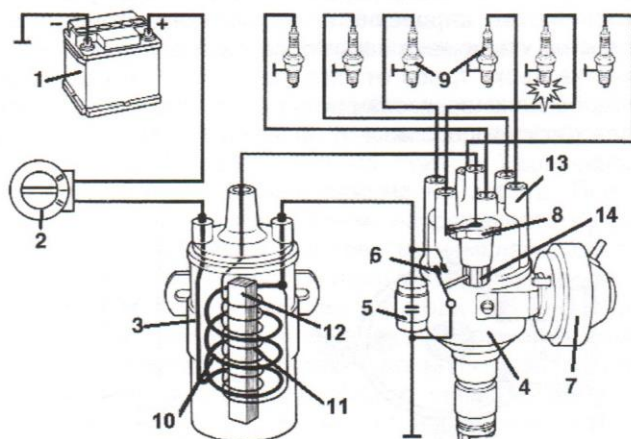
Запалителната система е изградена от две основни токови вериги: за ниско напрежение (първична) и за високо напрежение (вторична).

Първичната верига включва: акумулатор, контактен ключ, първична намотка 10 на индукционната бобина, кондензатор, контакти и кабели за ниско напрежение. Към вторичната верига спадат палецът 8, разпределителната капачка 13, запалителните свещи и кабелите за високо напрежение.

При включен контактен ключ и затворени контакти 6 на прекъсвача, през първичната намотка 10 на запалителната бобина протича ток. Веригата е следната: клемата «+» на батерията - контактен ключ - първична намотка на



бобината - подвижен контакт на прекъсвача-неподвижен контакт – маса (клема «-» на батерията).



Фиг. 9.1. Принципна схема на акумулаторна запалителна система: 1-акумулатор; 2-контактен ключ; 3-индукционна бобина; 4-прекъсвач-токоразпределител; 5-кондензатор; 6-контакти; 7-вакуум регулатор; 8-палец; 9-запалителни свещи; 10-първична намотка на индукционната бобина; 11-вторична намотка; 12-сърцевина на магнитопровода; 13-разпределителна капачка; 14-гърбичен вал.

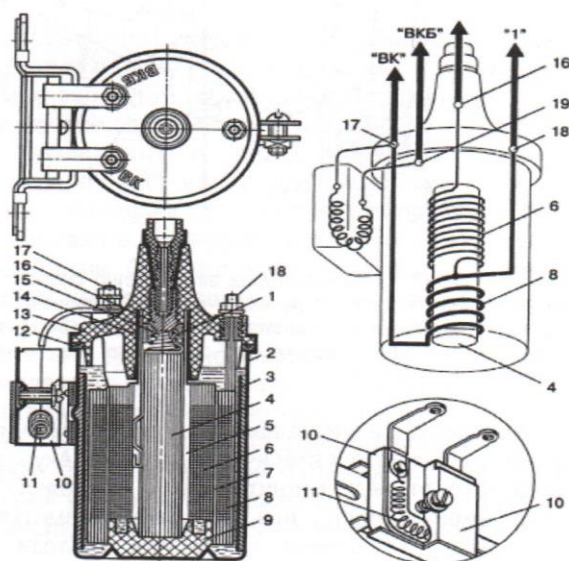
Токът, протичащ през първичната намотка, създава магнитно поле, което пронизва навивките на първичната и вторичната намотки. Акумулаторният ток е постоянен и създаването от него магнитно поле (постоянно) не индутира електродвижещо напрежение (е.д.н.) във вторичната намотка. В определен момент гърбица от вала 14 отваря контактите. В този момент спира протичането на ток в първичната намотка и създаденото от него магнитно поле рязко намалява. Изчезващото магнитно поле индутира в първичната и вторична намотки е.д.н., пропорционално на скоростта на изменение на магнитния поток и на броя на навивките.

Тъй като вторичната намотка се състои от голям брой навивки, е.д.н. достига  $15000 \div 25000$  V, достатъчно да се получи искров разряд между електродите на свещта.

Високото напрежение, през палеца 8 на разпределителя, се подава към един от страничните електроди на разпределителната капачка 13, и чрез проводник за високо напрежение към централния електрод на свещта на съответния цилиндър. Чрез искрата между електродите на свещта се затваря вторичната верига. Токът във вторичната верига тече през: вторична намотка-палец-страничен електрод на разпределителя-централен електрод на свещта-искра-страничен електрод на свещта-маса-клема «-» на батерията-клема «+» на батерията-контактен ключ-първична намотка-вторична намотка.

При отваряне на контактите, изчезващото магнитно поле индутира в първичната намотка е.д.н. на самоиндукция  $200 \div 300$  V, което предизвиква искрене между контактите. Кондензаторът 5 намалява искренето между контактите. При отваряне на контактите от е.д.н. на самоиндукция кондензаторът се зарежда и след това се разрежда през първичната намотка на бобината и батерията.

На фиг. 9.2 е показано устройството на *индукционната бобина*. Сърцевината 4 и пръстеновидният магнитопровод 3 са изработени от листове трансформаторна стомана, повърхностно окислени. Върху втулка от кабелна хартия 5, поставена на сърцевината е намотана вторичната намотка 6. Отделните слоеве на вторичната намотка са изолирани с кабелна хартия. Над вторичната намотка върху тръба от кабелна хартия 7 е намотана първичната намотка. За подобряване на изолацията между навивките двете намотки са напоени с трансформаторно масло, а всички кухини са запълнени със специална смола.



Фиг. 9.2. Устройство на индукционна бобина: 1-пластина; 2-корпус; 3-магнитопровод; 4-сърцевина; 5-втулка от кабелна хартия; 6-вторична намотка; 7-тръба от кабелна хартия между намотките; 8-първична намотка; 9-порцеланов изолатор; 10-допълнително съпротивление (вариатор); 11-резистор; 12-гумен уплътнителен пръстен; 13-карболитова капачка; 14-изолационна втулка; 15-пружина; 16-клема; 17-клема "ВК"; 18-клема ("1"), 19-клема "ВКБ"

Някои индукционни бобини вместо със смола са запълнени с трансформаторно масло. В дъното на стоманения корпус 2 е разположен порцелановият изолатор, който отделя вторичната намотка 6 от корпуса 2 и предотвратява възникване на искров разряд между тях. Корпусът е затворен с карболитова капачка 13, върху която са разположени три клеми за ниско напрежение: клемата ВК 17 се съединява с включвателя (тяговото реле или релето за включване) на стартера, клемата ВКБ 19 се съединява с контактният ключ, а третата клема "1" с прекъсвача. С клемите ВК и ВКБ се свързват изводните шини на допълнителното съпротивление (вариатор) 10, разположен в керамичен изолатор между лапите за закрепване на бобината.

Индукционната бобина преобразува тока с ниско напрежение в ток с високо напрежение. Около сърцевината са намотани първичната и вторична намотки. Първичната намотка е изработена от проводника с голямо сечение ( $d=0,7 \div 0,9 \text{ mm}$ ) и има сравнително малък брой навивки ( $250 \div 400$ ).

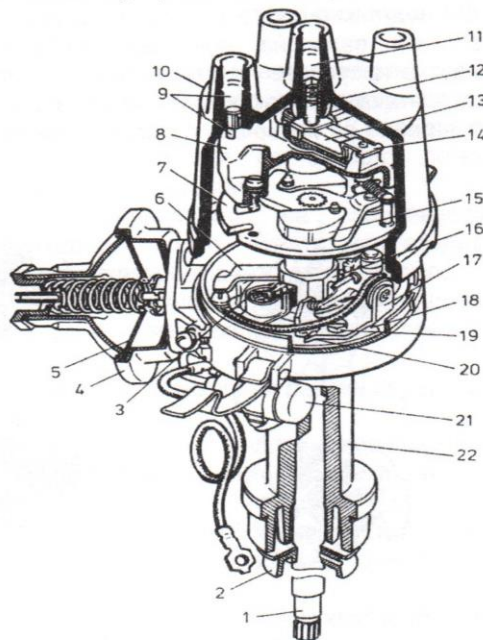


Вторичната намотка е от тънък проводник ( $d=0,07 \div 0,10 \text{ mm}$ ) и има голям брой навивки ( $17500 \div 26000$ ). Първичната намотка се съединява с клеми, разположени на карболитовата капачка. Началото на вторичната намотка е съединено с края на първичната така, че вторичната намотка е продължение на първичната. Краят на вторичната намотка е изведен към централната клема на обината.

Вариаторът 10 позволява да се подобри запалването на работната смес при пускане на двигателя. Той е включен последователно във веригата на ниско напрежение с цел регулиране на тока в първичната намотка на индукционната бобина при различни режими на работа. При включване на стартера, особено при ниски температури, напрежението на акумулаторната батерия значително се понижава, а с това се намалява токът в първичната намотка и напрежението на вторичната намотка на бобината, което затруднява пускането на двигателя. Това се избягва, като едновременно с включването на стартера вариаторът се изключва от веригата на първичната намотка. За целта към включвателя на стартера е въведен допълнителен контакт, чрез който вариаторът се свързва накъсо. Така общото съпротивление на първичната верига се намалява и въпреки пониженото напрежение на акумулаторната батерия напрежението на вторичната намотка на бобината се повишава.

Пекъсвач-токоразпределителят обединява в един блок прекъсвача на първичната верига и разпределителя на високото напрежение. В него са разположени центробежният и вакуумният регулатори и октан-коректорът.

На фиг. 9.3 е показано устройството на прекъсвач-токоразпределител.

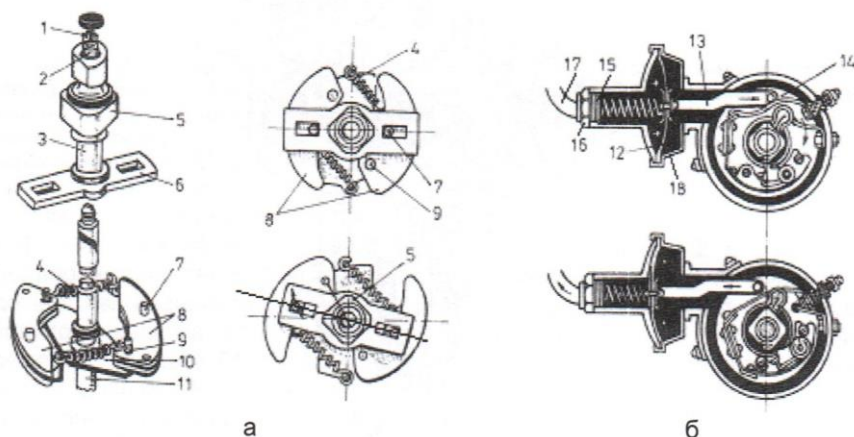


Фиг. 9.3. Устройство на прекъсвач-токоразпределител за лек автомобил ВАЗ: 1- задвижващ вал; 2-маслоотражателен пръстен; 3-кече за мазане на гърбиците; 4-вакуумен регулатор; 5-диафрагма; 6-лост на вакуумния регулатор; 7-плоча на центробежния регулатор; 8-ротор на разпределителя; 9-страничен електрод с клема; 10-капак на разпределителя; 11-централен електрод; 12-контактен графит с пружина; 13-резистор срещу радиосмущения; 14-палец; 15-тестест на центробежния регулатор; 16-гърбици на вала; 17-прекъсвач; 18-диск на прекъсвача, 19-фиксиращ винт; 20-прорез за регулиране; 21-кондензатор; 22-корпус

Задвижващият вал 1 лагерува на втулка в корпуса 22. Върху диска 18 са разположени подвижният и неподвижният контакт на прекъсвача 17. Неподвижният контакт е свързан на маса. Подвижният контакт е изолиран и се съединява с първичната намотка на запалителната bobина. Хлабината между контактите трябва да бъде от  $0,35 \pm 0,45$  mm, като тя може да се регулира. Паралелно на контактите на прекъсвача е включен кондензатор, който намалява искренето между тях. Гърбицата 16 се задвижва от разпределителния вал на двигателя чрез зъбна предавка. Като се върти, гърбицата периодично отваря контактите. Тя има толкова стени, колкото са цилиндрите на двигателя. Върху гърбицната втулка е надянат токоразпределителният палец. В момента на отваряне на контактите на прекъсвача 17 палецът 14 се намира срещу някои от страничните електроди 9, разположени в карболитовата капачка 10. Върху палеца 14 е разположена месингова пластина, съединена чрез контактен графит 12 и проводник за високо напрежение със свещите. Когато се върти палецът 14, месинговата му пластина минава последователно край всички странични електроди на разстояние  $0,2 \pm 0,8$  mm.

Центробежният регулатор (фиг. 9.4 а) изменя ъгъла на изпреварване на запалването в зависимост от честотата на въртене на двигателя.

Върху вала 11, на прекъсвач разпределителя, неподвижно е монтирана плочата 10 с центробежните тежести 8, към които са занитени осите 9. Тежестите 8 окачени на осите 9, се прибират навътре под действие на пружините 4. Тежестите имат по един щифт 7. Към гърбицата неподвижно е закрепена плочката 6 с надлъжни прорези. Гърбицата свободно се нанизва на направляващата част на вала на прекъсвач-разпределителя така, че щифтовете 7 да влязат в прорезите на плочката 6. Осовото изместване на гърбицата се предотвратява от заключващия пръстен 1. Мазането на направляващата част на вала се извършва с масло, с което се напоява кечето 3 (фиг. 9.3).



Фиг. 9.4. Устройство на центробежен и вакуумен регулатори: а-центробежен регулатор; б-вакуумен регулатор; 1-заключващ пръстен; 2-опорна шайба; 3-втулка; 4-пружина; 5-гърбици; 6-плочка; 7-щифт; 8-тежести; 9-ос; 10-плоча; 11-задвижващ вал; 12-мембрана; 13-щанга; 14-подвижен диск на прекъсвача; 15-регулирущи шайби; 16-щупер; 17-тръба; 18-камера свързана с атмосферата.



При увеличаване честотата на въртене центробежните сили на тежестите нарастват и преодолявайки силата на пружините, разтварят тежестите встрани. При това тежестите се завъртат около осите си и чрез щифтовете 7 завъртат гърбицата по посока на въртене на вала. В резултат на това гърбицата по-рано отваря контактите на прекъсвача и следователно ъгъла на изпреварване на запалването нараства. При намаляване честотата на въртене центробежните сили намаляват, пружините връщат тежестите и гърбицата обратно и ъгълът на изпреварване на запалването се намалява.

Вакуумният регулатор изменя ъгъла на изпреварване на запалването в зависимост на товарването на двигателя. Той е закрепен към корпуса на прекъсвач-разпределителя. Вакуумният регулатор (фиг. 9.4 б) се състои от мембрана 12, към която е закрепена щангата 13, съединена с подвижния диск 14 на прекъсвача. Подвижният диск е монтиран на съчмен лагер, което дава възможност да се завърта. Пружината притиска мембраната към корпуса на прекъсвач разпределителя в положение, съответстващо на късно запалване. Чрез шайби 15 има възможност да се регулира натягането на пружината. Към щуцера 16 се завинтва тръбата 17. Камерата 18 е свързана с атмосферата, а пружинната камера (вакуумна камера) чрез тръбата 17 е свързана със пълнителния тръбопровод на двигателя зад дроселната клапа.

При работа на двигателя с малки натоварвания, дроселната клапа е притворена и разреждането зад нея и във вакуумната камера нараства. Под действие на разреждането диафрагмата се огъва и чрез щангата 13 завърта подвижния диск 14 заедно с контактите срещу въртенето на гърбицата. Гърбицата по-рано отваря контактите на прекъсвача и ъгълът на изпреварване на запалването нараства.

При преминаване към по-високи натоварвания на двигателя, дроселната клапа се отваря повече, разреждането във вакуумната камера намалява и пружината избутва мембраната 12 и щангата 13 завърта диска 14 в посока на въртене на гърбицата. Контактите се отварят по-късно и ъгълът на изпреварване на запалването намалява.

Най-голямо е изпреварването на запалването при значително притваряне на дроселната клапа, когато двигателят работи с малко натоварване, понеже тогава разреждането е най-голямо.

Акумулаторната запалителна система има редица недостатъци свързани с работата на прекъсвача и механичните устройства за промяна ъгъла на изпреварване на запалването:

- недостатъчна енергия на искровия разряд поради ограничената енергия в първичната верига;
- ниски стойности на вторичното напрежение при малки и големи честоти, вследствие на което се получава малък коефициент на запас на вторично напрежение;
- прегряване на индукционната bobина при малки честоти на въртене на колянвия вал, а също и при неработещ двигател, ако контактите на прекъсвача са затворени;
- в процеса на работа се променя хлабината между контактите на прекъсвача, което изисква периодични грижи;
- малък срок на експлоатация на контактите на прекъсвача;
- при износване на гърбиците на прекъсвач-разпределителя се променя ъгъла на изпреварване на запалването;
- при използване на механични регулатори ъгълът на изпреварване на запалването варира в широки граници.

Всичко това води до нарушаване на нормалното искроподаване, а от там и до влошаване показателите на двигателя.

Вторичното напрежение може да се повиши, като се увеличи токът в първичната намотка на запалителната бобина, но това е свързано с претоварване на контактите на прекъсвача и с преждевременното им износване и обгаряне.

*Акумулаторната батерия* осигурява енергия за стартера при първоначално пускане на двигателя и за захранване на запалителната система. Акумулаторната батерия не произвежда, а само натрупва и съхранява енергия, която след това може да отдаде. В съответствие с предназначението на акумулаторната батерия се поставят следните основни изисквания:

- а) да отдава голям ток при малък вътрешен пад на напрежението;
- б) да имат голям капацитет при малки размери и маса;
- в) да възстановяват бързо капацитета си при зареждане;
- г) да съхранява продължително време натрупаната в нея енергия;
- д) да работи надежно при високи и при ниски температури;
- е) да издържа на ударни натоварвания и вибрации;
- ж) да е дълготрайна и евтина.

Най-широко приложение, в автомобилите и тракторите, са намерили оловните акумулаторни батерии, тъй като отговарят на горните изисквания.

Всяка акумулаторна батерия е изградена от няколко, последователно свързани акумулатора, обединени в обща кутия. Номиналното напрежение на изводите на оловните акумулатори е около 2 V. Според стандарта EN 60095-1, номиналното напрежение на акумулаторната батерия е 12 V, т. е. шест акумулатора по 2 V. При номинално напрежение на електрическата инсталация 24 V (при товарните превозни средства) се използват две последователно свързани 12-волтови акумулаторни батерии.

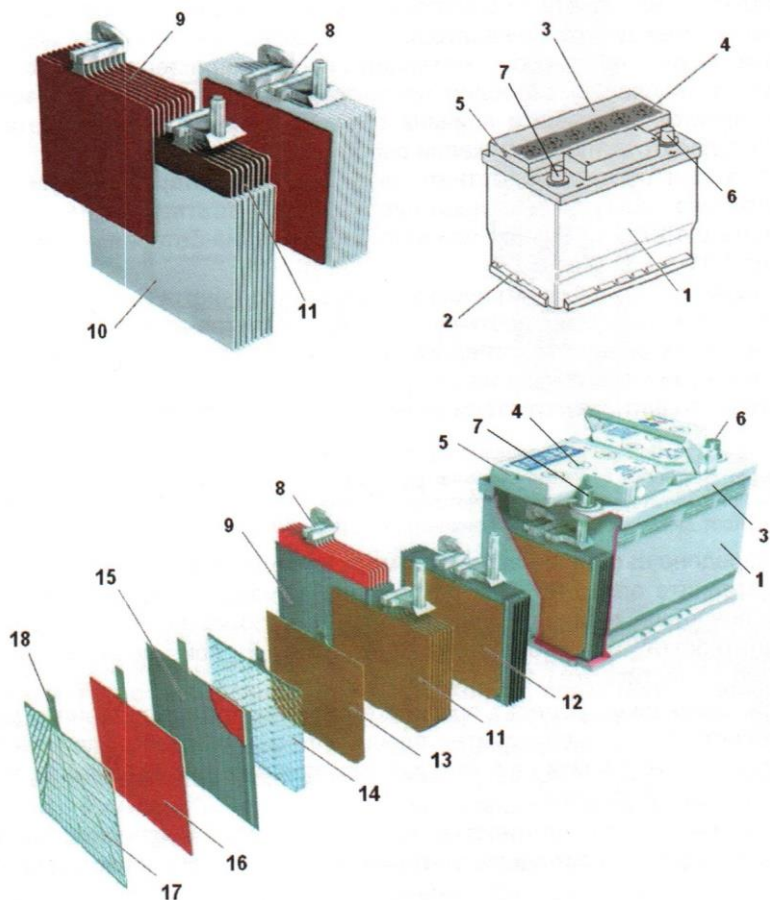
Акумулаторната батерия (фиг. 9.5) се състои от кутия 1, изработена от ебонит или полимерен изолационен материал (полипропилен). Посредством прегради тя е разделена на клетки, в които се поставят отделните акумулатори. Дъното на всяка клетка е оребрено с надлъжни ребра в които опират акумулаторните плочи. Те са предназначени да предотвратят възникване на късо съединение между разнородните плочи от падналата на дъното по време на експлоатация активна маса. В долната външна част на кутията са изработени крепежи елементи 2, които служат за фиксиране на акумулатора в автомобила.

Отгоре кутията е затворена с капак 3, залепен или запоен към кутията и преградите на отделните клетки. В капака на всяка клетка е изработен резбови отвор за наливане и проверка на електролита, затворен с пластмасова капачка 4. В единият край на капака е изработен вентилационен отвор, в някои конструкции този отвор е изработен в пластмасовата капачка. Електрическите връзки между разнородните полюси на акумулаторите се осъществяват посредством междueleментни съединители 8 през вътрешните прегради на кутията. Положителният полюс 6 на първия акумулатор и отрицателният полюс 7 на последния са оформени като конусовидни накрайници, чрез които акумулаторната батерия се свързва към електрическата инсталация. Освен, че са означени, двата извода на акумулаторната батерия се различават и по размерите си, като положителният извод е с по-голям диаметър.

Отделният акумулатор представлява набор от последователно редуващи се положителни 16 и отрицателни 13 плочи. Едноимените плочи са запоени към общ тоководещ елемент и така образуват два полублока 9 и 11. Положителните



плочи винаги са с една по-малко от отрицателните. По този начин всяка положителна плоча е разположена между две отрицателни, с което се осигурява равномерна работа на двете и страни и се предотвратява нейното изкривяване поради значителното изменение на обема на активната и маса при разреждане.



Фиг. 9.5. Устройство на акумулаторна батерия: 1-кутия; 2-крепежни елементи; 3-капак; 4-капачка; 5-централен вентилационен отвор; 6-положителен полюс; 7-отрицателен полюс; 8-междueleментен съединител; 9-полублок с положителни плочи; 10-сепаратор; 11-полублок с отрицателни плочи; 12-блок с положителни и отрицателни плочи; 13-отрицателна плоча; 14-решетка на отрицателната плоча; 15-положителна плоча със сепаратор; 16-положителна плоча; 17-решетка на положителната плоча; 18-ухо.

Двата вида плочи се изработват във вид на решетка 14 и 17, отлята от олово ( $93 \pm 94\%$ ), с добавка на антимон ( $6 \pm 7\%$ ) за подобряване на леарските качества и механична здравина на материала. От двете страни решетката се намазва с паста 13 и 16, приготвена от оловен прах, оловни окиси и сярна киселина. Следва пресоване и изсушване, след което плочите се подлагат на формиране. Формирането е електрохимичен процес, представляващ

няколкократно зареждане и разреждане, в резултат на което пастата на плочите се превръща в активна маса със състав оловен двуокис ( $\text{PbO}_2$ ) на положителните плочи и олово ( $\text{Pb}$ ) на отрицателните. В пастата се добавят вещества, наречени разширители, които при формирането на плочите осигуряват висока порестост на активната им маса. Това е необходимо, за да се получи достатъчно голяма контактна повърхност на активната маса.

Плочите на двата полублока са изолирани електрически чрез разположени между тях сепаратори 10. Сепараторите се изработват от киселиноустойчив полимерен материал и се характеризират с висока порестост, позволяваща свободно проникване на електролита до активната маса на плочите. По същата причина обърнатата към положителната плоча страна на сепаратора има вертикални ребра.

Електролитът на стандартните акумулаторни батерии е акумулаторна сярна киселина, разрежена с дестилирана вода. Плътността (гъстотата) на електролита е  $1,27 \div 1,28 \text{ g/cm}^3$  при напълно заредена батерия, а при напълно разрежена  $1,11 \div 1,12 \text{ g/cm}^3$ .

В акумулаторите електрическата енергия се натрупва в резултат на електрохимични процеси, протичащи между електролита и плочите. При зареждане електрическата енергия се превръща в химическа, а при разреждане химическата енергия се превръща в електрическа. За описване на процесите в оловните акумулатори се използва следното уравнение:



В заредено състояние активната маса на положителните плочи е  $\text{PbO}_2$ , а на отрицателните олово  $\text{Pb}$ . При разреждане активната маса и на двата вида плочи се превръща в оловен сулфит  $\text{PbSO}_4$  и се образува  $\text{H}_2\text{O}$ . Следствие на което плътността на електролита намалява и при напълно разреден акумулатор тя достига  $\rho = 1,11 \div 1,12 \text{ g/cm}^3$ .

При зареждане процесът протича в обратна посока: активната маса на положителните и отрицателните плочи се възстановява по състав, а плътността на електролита се повишава като при напълно зареден акумулатор достига  $\rho = 1,28 \div 1,29 \text{ g/cm}^3$ .

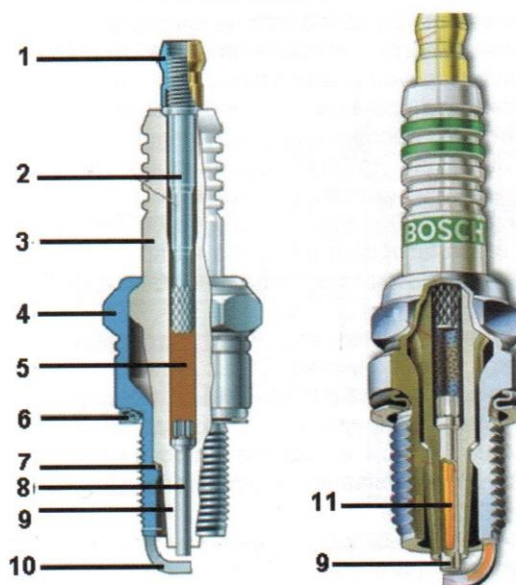
Изменението на плътността на електролита е един от основните критерии, по които се определя степента на разреденост на акумулаторната батерия.

*Запалителните свещи* служат за възпламеняване на горивовъздушната смес в цилиндъра на бензиновия двигател с помощта на електрическа искра, която възниква между електродите на свещта.

Запалителните свещи представени на фиг. 9.6, а, се състоят от метален корпус 4 в долната част на който има резба за завинтване към цилиндровата глава. Уплътнителната шайба 6 осигурява херметизирането на цилиндъра. В корпуса 4 е завалцован изолаторът 3. В изолатора са разположени централният електрод 8 и контактният прът 2, като горната част на централният електрод завършва с контактна глава 1.

В много от конструкциите запалителни свещи, контактният прът 2 е съединен с централният електрод 8 посредством токопроводящ стъклохерметик 5. Към корпуса 4 е заварен огънат страничен електрод 10





Фиг. 9.6. Устройство на запалителните свещи: а-с хромникелов централен електрод; б-с биметален електрод; 1-контактна глава; 2-контактен прът; 3-изолатор; 4-корпус; 5-токопроводящ стъклохерметик; 6-уплътнителен пръстен; 7-вътрешен уплътнителен пръстен; 8-централен електрод; 9-керамичен изолатор; 10-страничен електрод; 11-медна топлоотвеждаща сърцевина;

Изолаторът 3 е херметизиран в корпуса със топлоотвеждащ уплътнителен пръстен 7. Проводникът за високо напрежение, чрез контактната глава, се съединява с контактния прът, а чрез него и с токопроводящия стъклохерметик с централния електрод. Когато подаваното напрежение е достатъчно да пробие искровата междина, между електродите преминава искра, която възпламенява работната смес в цилиндъра.

Свещите работят при много тежки условия. Те са подложени на механично, топлинно и електрическо натоварване и на въздействието на химически активни вещества.

За намаляване топлинното натоварване, централният електрод може да се изработи биметален, с медна сърцевина (фиг. 9.6 б), която осигурява по интензивно топлоотвеждане и увеличаване дълготрайността. Свещите с иридиеви или платинени електроди имат значително по-голям срок на служба. Броят на страничните електроди е от 1 ÷ 4. При по-голям брой странични електроди искрата минава през най-малката искрова междина. Когато обгори даденият страничен електрод и искровата междина се увеличи, искрата преминава през друг електрод. Така искрата обхожда последователно всички електроди и по-рядко се налага да се регулира искровата междина. По-големият брой странични електроди улеснява отлагането на нагар върху тях и изолатора. Хлабината между електродите е от 0,5 ÷ 1,2 mm и колкото е по-голяма, толкова по-добра е възпламеняващата способност на искрата. Затова при работа с бедна горивна смес, хлабината между електродите на свещта се увеличава до 1 ÷ 1,2 mm. При голяма хлабина между електродите пробивното напрежение е

голямо, а това създава по-тежки условия на работа за бобината, високоволтовите проводници и изолятора на свещите.

Едно от най-важните изисквания към запалителните свещи е херметичността между корпуса и изолятора. Дори незначителни нарушения на херметичността може да доведе до проникване на горещите газове и прегряване на изолятора с последващо разрушение.

Бензиновите двигатели работят нормално, без да прекъсват, при условие че температурата на топлинния конус на изолятора и на централния електрод на свещта е в границите  $580 \pm 860^\circ \text{C}$ . При температура, по-ниска от  $580^\circ \text{C}$ , върху електродите и изолятора се натрупва нагар. Нагарът създава загуби на енергия и понижава напрежението, подадено към електродите или шунтира искровата междина.

При температура, по-висока от  $580^\circ \text{C}$ , натрупаният нагар се отделя от електродите и свещта се самоочиства.

При температура, по-висока от  $860^\circ \text{C}$ , свещта предизвиква преждевременно възпламеняване на сместа преди да се подаде искра, работната смес се възпламенява от силно нагетите топлинен корпус на изолятора и централния електрод. Това води до прегряване на двигателя и от там до намаляване на мощността му.

Топлинният режим на свещта, характеризиращ се с температурата на топлинния конус на изолятора и общата топлопроводност на свещта, се нарича топлинна характеристика.

Топлинната характеристика на свещта се определя от топлинното (калилно) ѝ число. Колкото по-голямо е топлинното число, толкова «по-студена» е тя. Изработват се и свещи с топлинни числа от  $100 \pm 500$ , като тези с голямо топлинно число от  $225 \pm 500$  са предназначени за силно форсирани автомобилни двигатели с висока степен на сгъстяване.

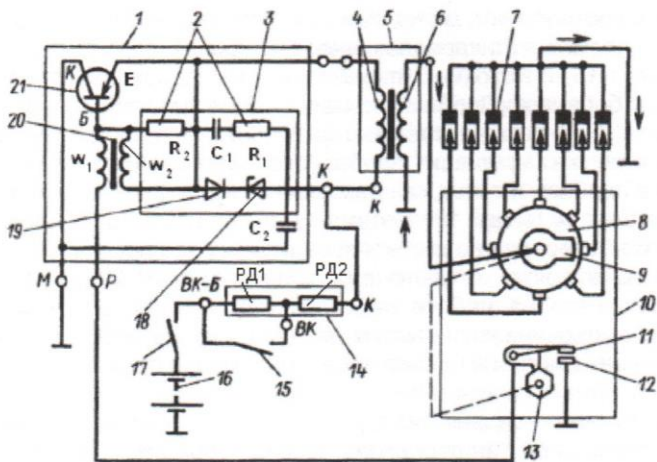
Правилният избор на топлинно число е особено важен за нормалната работа на свещта. Ако свещта често отказва да работи поради натрупване на нагар, тя е много студена, а ако предизвиква преждевременно възпламеняване - много гореща за дадения двигател. При правилно избраното топлинно число двигателят работи устойчиво при всички режими, без прекъсване и преждевременно възпламеняване.

### 9.3. Електронни запалителни системи

Електронните запалителни системи позволяват да се увеличат вторичното напрежение и енергията на искрата без електрическо претоварване на контактите на прекъсвача. В зависимост от начина на управление електронните системи се делят на такива с контактно и безконтактно управление. В контактните електронни системи се използва обикновен прекъсвач-разпределител, но между прекъсвача и запалителната бобина е включен електронен усилвател (комутатор). Комутаторът облекчава работния режим на контактите на прекъсвача. В безконтактните електронни запалителни системи липсват контакти, а моментът на подаване на искрата се управлява от безконтактен преобразувател.

На фиг. 9.7 е показана схема на електронна запалителна система контактно-транзисторен тип с един транзистор. Основните ѝ елементи са: индукционна бобина 5, транзисторен комутатор 1 и блок от резистори 14.





Фиг. 9.7. Схема на контактно-транзисторна запалителна система. 1-транзисторен комутатор ТК102; 2-резистори; 3-защитен блок на транзистора; 4-първична намотка на запалителната bobина; 5-запалителна bobина; 6-вторична намотка на запалителната bobина; 7-запалителни свещи; 8-карболитова капачка; 9-палец; 10-прекъсвач-разпределител; 11-подвижен контакт; 12-неподвижен контакт; 13-гърбици; 14-блок резистори; 15-допълнителен контакт на тяговото реле; 16-акумулаторна батерия; 17-контактен ключ; 18-стабилитрон; 19-диод; 20-импулсен трансформатор; 21-германиев транзистор

Транзисторният комутатор е включен между акумулаторната батерия и запалителната бобина и служи като усилвател. Мощният германиев транзистор 21 е включен последователно в първичната верига на запалителната бобина. Базата на транзистора, чрез първичната  $w_1$  намотка на импулсния трансформатор, се съединява с прекъсвача, а чрез вторичната намотка  $w_2$ , на същия трансформатор, шунтирана с резистор с емитера на транзистора.

При затворени контакти 11 и 12 на прекъсвача и при включен контактен ключ 17, базата на транзистора, чрез първичната намотка  $w_1$  на импулсния трансформатор 20, е съединена на маса т.е. с отрицателната клемма на акумулаторната батерия. Емитерът на транзистора чрез първичната намотка на запалителната бобина 4, е съединен с положителната клемма на акумулаторната батерия. При това положение, към прехода емитер-база е приложено напрежение в права попока, транзисторът е отпушен, веригата на първичната намотка на запалителната бобина се затваря през транзистора и токът в нея достига 7 А. През контактите на прекъсвача преминава само токът на базата на транзистора, който не превишава  $0,7 + 0,9$  А.

При отваряне на контактите 11 и 12 на прекъсвача, управляващата верига на транзистора се прекъсва и транзисторът се запушва. За ускоряване на запушването на транзистора се използва импулсният трансформатор 20. При отваряне на контактите се прекъсва токът в първичната намотка  $w_1$  на импулсният трансформатор 20 и изчезващият магнитен поток индуцира във вторичната намотка  $w_2$  на трансформатора е.д.н. Вторичната намотка  $w_2$  е включена така, че индукираното в нея е.д.н. се прилага към прехода емитер-

база в обратна посока. Транзисторът бързо се запущва, прекъсва се и токът в първичната намотка на запалителната бобина. Резисторът  $R_2$  е въведен за формиране на запущващия импулс.

При прекъсване на тока в първичната намотка възниква е.д.н. на самоиндукция, което е приложено към емитера и колектора на транзистора и може да го пробие. За предпазване на транзистора от пробив служи стабилитронът 18, включен паралелно на първичната намотка на запалителната бобина 4. Пробивното напрежение на стабилитрона е по-ниско от опасното за работата на транзистора. Когато е.д.н. на самоиндукция на първичната намотка превиши пробивното напрежение на стабилитрона, последният се пробива и токът, предизвикан от е.д.н. на самоиндукция протича през стабилитрона и диода 19. Дiodът предотвратява протичането на ток от акумулаторната батерия през стабилитрона 18 в права посока.

Веригата, в която са включени кондензаторът  $C_1$  и резисторът  $R_1$ , облекчава условията на работа на транзистора в ключов режим. Е.д.н. на самоиндукция в първичната намотка на запалителната бобина създава ток, зареждащ кондензатора, който след това се разрежда през първичната намотка и резистора  $R_1$ .

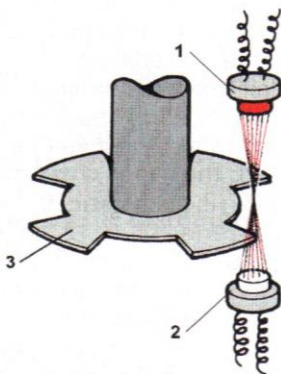
Електролитният кондензатор  $C_2$  е включен паралелно на акумулаторната батерия и генератора и предпазва транзистора от случайни импулсни претоварвания, които могат да възникнат във веригата генератор-акумулаторна батерия.

Запалителната бобина Б-114 е с електрически разделени намотки. Първичната намотка има 180 навивки, вторичната 41500. Индуктивността на първичната намотка е 3,7 мН.

Недостатък на германиевите транзистори е ниската гранична температура на емитерно-колекторния преход (до 85° С), което налага транзисторният комутатор да бъде разположен в кабината на автомобила.

В безконтактните запалителни системи управляващият сигнал за момента на образуване на искрата се подава от безконтактни преобразуватели, свързани механично с колянвия вал на двигателя. Използват се параметрични и генераторни безконтактни преобразуватели.

В параметричните преобразуватели изходният сигнал се формира чрез изменение параметрите на електрическата верига: съпротивление, индуктивност, капацитет и др.



Фиг. 9.8. Схема на фотоелектричен параметричен преобразувател: 1-светодиод; 2-фототранзистор; 3-диск с прорези

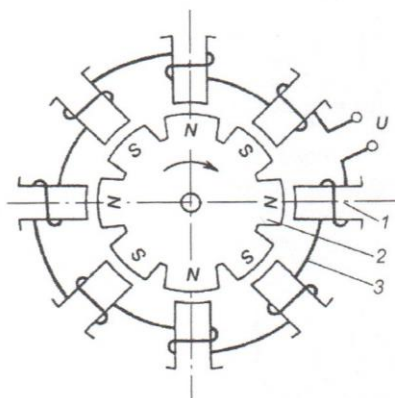


Действието на фотоелектричните (фиг. 9.8) параметрични преобразуватели е основано на изменението на съпротивлението им при въздействие на светлина. Състоят се от неподвижно закрепен източник и светодиод или светотранзистор, между който е разположен непрозрачен диск или цилиндър, свързан с колянвия вал. По диска или цилиндъра има прорези, броят на които е равен на броя на цилиндрите на двигателя.

В генераторните преобразуватели изходния сигнал е е.д.н. Такива са магнитноелектричните и галваномангнитните преобразуватели.

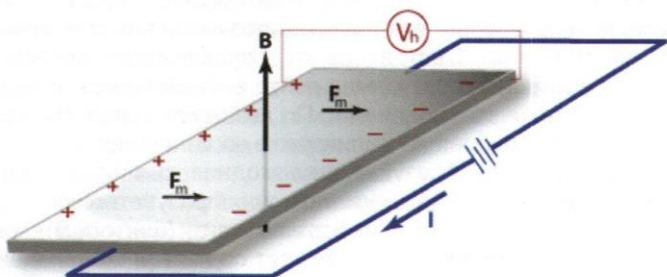
В магнитоелектричните преобразуватели (фиг. 9.9) се използва електромагнитна индукция. Преобразувателят се състои от неподвижна бобина с определен брой навивки 3, разположени на магнитопровод 1 и въртящ се постоянен магнит 2 (или магнитен комутатор). Броят на полюсите или на чифтовете полюси на магнита е равен на броя на цилиндрите на двигателя.

При въртенето на ротора магнитният поток на постоянния магнит 2, пресичащ намотката 3, непрекъснато се изменя по големина и индукира в намотката променливо е.д.н. с приблизително синусоидална форма. Когато полюсните крайници на магнита са срещу издатъците на статора 1, магнитното съпротивление е минимално и магнитният поток, действащ през намотката, е максимален, а когато те застанат между издатъците, магнитното съпротивление е максимално и съответно магнитният поток е минимален. При нарастване на магнитният поток индукираното е.д.н. е отрицателно, а при намаляване на магнитният поток положително.



Фиг. 9.9. Схема на магнитоелектрически преобразувател за четирицилиндров двигател: 1-статор; 2-постоянен магнит; 3-намотка на статора

От галваномангнитните се използва преобразувателят на Хол, чието действие е основано на ефекта на Хол. Същността на този ефект се състои във възникване на е.д.н. в полупроводник под въздействието на електрически ток и перпендикулярно действащ на него магнитен поток (фиг. 9.10).

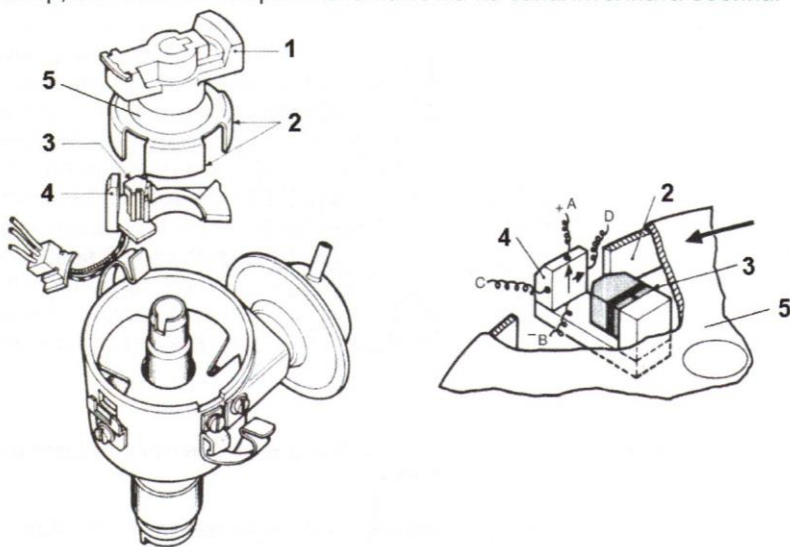


Фиг. 9.10. Принципна схема за изчисляване на ефекта на Хол

Е.д.н. (е.д.н. на Хол)  $F_m$  възниква поради отклоняване на движещите се носители (електрони и дупки) от магнитното поле.  $F_m$  е пропорционално на магнитната индукция  $B$  и на тока  $I$ , а знакът му се определя от типа на проводимостта на полупроводника (р или n проводимост).

Сред основните предимства на преобразувателите на Хол спрямо индуктивните, са бързодействието и надеждността. Преобразувателят на Хол почти не старее - променя му се леко чувствителността.

Електрическите импулси, създадени от преобразувателя, се усилват и при нужда се формират. Те управляват отпушването и запушването на мощен транзистор, включен към първичната намотка на запалителната bobина.



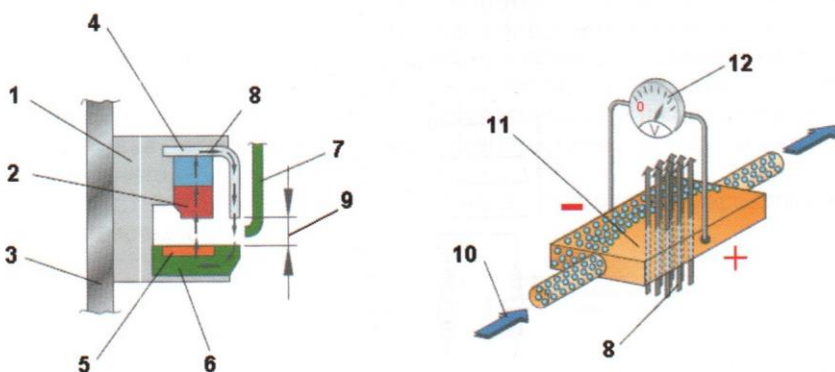
Фиг. 9.11. Схема на преобразувател на Хол: 1-ротор; 2-екран на ротора; 3-постоянен магнит; 4-интегрална схема с генератор на Хол (холотрон); 5-ротор.

Безконтактната запалителна система TSZ-h на фирмата „Бош“ е с преобразувател на Хол. На мястото на гърбицата на прекъсвач-разпределителя се поставя стоманен ротор 5 (фиг. 9.11), в цилиндричната част на който са направени изрези. Така са образувани четири екрана 2 (за четирицилиндров двигател).



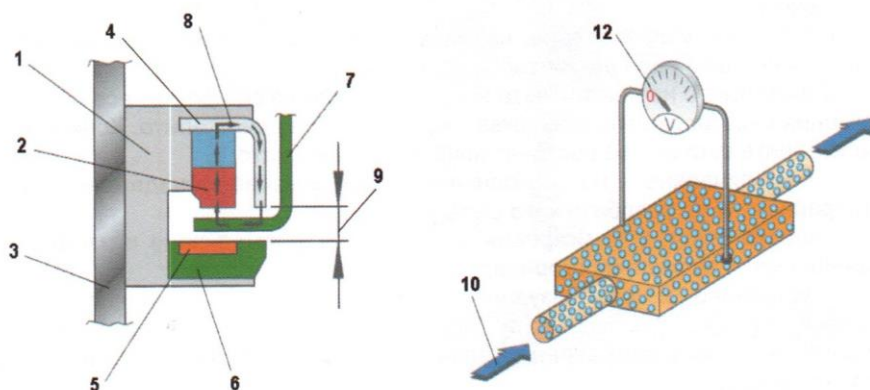
На мястото на контактите на прекъсвача (фиг. 9.12) се поставя блок от немагнитен материал (пластмаса) 1, в който са разположени магнитопроводи 4, постоянен магнит 2 и интегрална схема с генератор на Хол (холотрон) 6. Интегралната схема има три извода. При въртене на ротора екраните 7 минават през въздушната междина 9 и магнитопровода 4.

Когато в прореза на блока 1 (фиг. 9.12) няма екран, магнитната верига, съставена от постоянния магнит 2 и магнитопровода 4 се затваря през холотрона 6. Магнитната индукция  $B$  през генератора на Хол е максимална и съответно създаденото е.д.н  $F_m$  и напрежението.



Фиг. 9.12. Схема на преобразувател на Хол: 1-блок от немагнитни материали (пластмаса); 2-постоянен магнит; 3-корпус на разпределителя; 4-магнитопровод; 5-пластина на Хол; 6-интегрална схема с генератор на Хол (холотрон); 7-екран на ротора; 8-магнитно силови линии; 9-въздушна междина; 10-посока на тока  $I$ ; 11-проводник (плосък); 12-е.д.н. на Хол  $F_m$

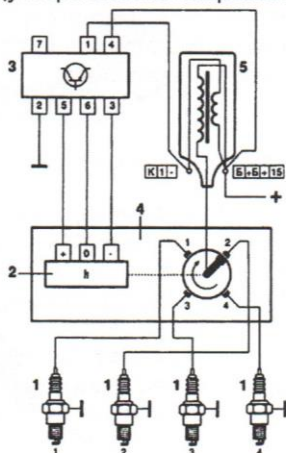
При завъртане на ротора така, че екранът 7 (фиг. 9.13) влиза в въздушната междина 9 на блока 1, магнитната верига на постоянния магнит 2 се затваря чрез екрана 7 и в холотрона 6 магнитната индукция  $B$  е минимална (само от разсейването). Съответно минимални са е.д.н  $F_m$  и напрежението.



Фиг. 9.13. Схема на преобразувател на Хол: 1-блок от немагнитни материали (пластмаса); 2-постоянен магнит; 3-корпус на разпределителя; 4-магнитопровод; 5-пластина на хол; 6-интегрална схема с генератор на Хол (холотрон); 7-екран на ротора; 8-магнитно силови линии; 9-въздушна междина; 10-посока на тока  $I$ ; 12-е.д.н. на Хол  $F_m$

На фиг. 9.14 е показана принципна схема на безконтактна транзисторна запалителна система TSZh (фирма Бош) с преобразувател на Хол.

При тази схема транзисторният комутатор 3 сработва под въздействие на електрически импулс, създаден от безконтактен преобразувател 2 и прекъсва веригата на първичната намотка на запалителната бобина 5, при което във вторичната намотка се индукира високо напрежение.



Фиг. 9.14. Принципна схема на безконтактна транзисторна запалителна система TSZh: 1-запалителни свещи; 2-преобразувател на Хол; 3-комутатор; 4-преобразувател-разпределител; 5-запалителна бобина.

Относителното време, през което веригата на първичната намотка на запалителната бобина е затворена, се определя от широчината на екраните на ротора. Времето за натрупване на енергия в запалителната бобина остава постоянно, независимо от честотата на въртене на колянвия вал, т.е. енергията на искрата практически не зависи от честотата на въртене на двигателя и от напрежението на електрическата верига. КПД при тези системи е много висок.

Ъгълът на изпреварване на запалването се регулира от механичен центробежен и вакуумен регулатор.

С развитието на двигателите с вътрешно горене се налагат все по-високи изисквания към системите, обслужващи работата на двигателите. Конкретно за запалителните системи се поставят нови изисквания като:

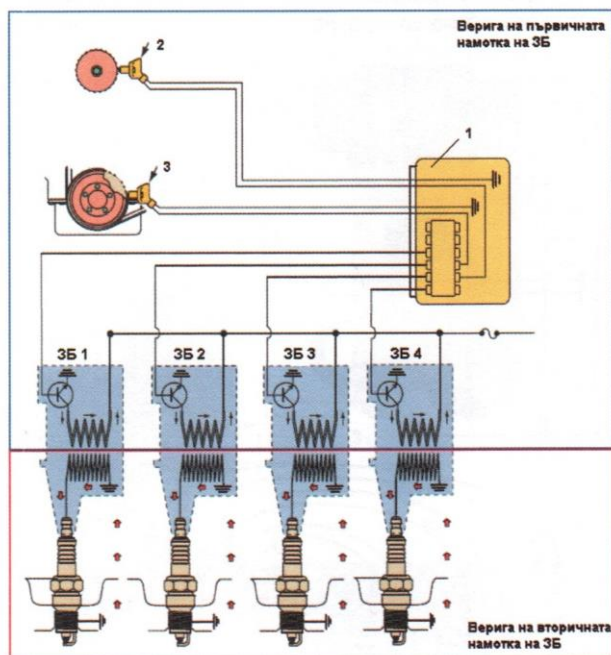
- увеличаване на вторичното напрежение, надеждността и дълготрайността на уредбата като цяло;
- висока енергия на искровия разряд за възпламеняване и изгаряне на обеднени смеси за различни горива;
- устойчиво искрообразуване в различни експлоатационни условия (зацапани свещи, температурни изменения, променливо напрежение в уредбата за електрозахранване, влошено общо техническо състояние на двигателя и др.);
- устойчива работа при произволни, но допустими изменения на честотата и натоварването;
- минимален разход на електроенергия;
- минимална маса и размери;
- ниска себестойност;



- добри екологични характеристики.

Следващата стъпка в тази насока е разработването на запалителна система без разпределител за високо напрежение. Запалителна система в съвременните автомобили е неразделна част от електронната система за управление на двигателя. Модул за управление на двигателя контролира всички функции на запалителната система и постоянно коригира времето за подаване на искрата. Моментът на запалване се изчислява от управляващият електронен блок, в съответствие с получената информация от различните преобразуватели. Голяма част от информацията за запалителната система се използва и за управление на различните системи в зависимост от режима на работа на двигателя. Връзката между елементите в електрическата система е от особено голямо значение за нейното правилно функциониране. В настоящия момент, тя се осъществява чрез CAN bus система. Тя представлява сложна електронна система, която увеличава производителността на автомобила, дава информация във всеки един момент за състоянието му и улеснява диагностицирането.

На (фиг. 9.15) е показана принципна схема на микропроцесорна запалителна система.



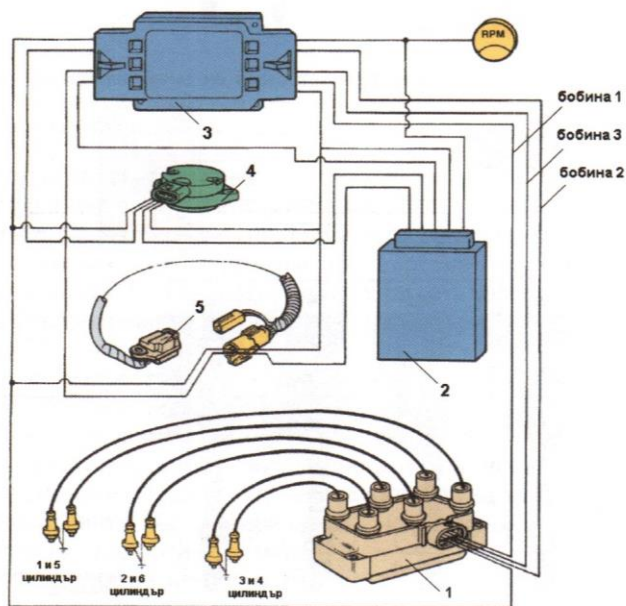
Фиг. 9.15. Принципна схема на микропроцесорна запалителна система: 3Б-запалителна бобина; 1-микропроцесорен управляващ блок; 2-преобразувател на положението на разпределителния вал; 3- преобразувател на положението на коленовия вал

Характерното за нея е, че вместо една запалителна бобина за всички цилиндри, системата използва индивидуални бобини за всеки цилиндър или при някои конструкции два цилиндъра използват една бобина. Всяка бобина е свързана директно към запалителната свещ, която управлява, като бобините

могат да са разположени върху самата свещ или в отделен пакет, монтиран към двигателя. Преобразувателите за положението на колянвия и разпределителния вал 2 и 3 подават сигнали към управляващия блок, в който е програмиран редът на запалване на двигателя и той определя коя бобина да бъде включена или изключена. Преобразувателят за положението на колянвия вал подава информация за честотата на въртене, а преобразувателят за положението на разпределителния вал - информация за това какъв процес протича в цилиндрите на двигателя.

Предимствата на бобините, свързани директно към запалителната свещ са:

- липсват високоволтовите проводници при което се избягват загубите и утечките в тях. Също така се избягват електромагнитните и радиосмущения които влияят на работата на управляващия блок;
- времето между отделните искроподавания е по-голямо, което води до охлаждане на бобината и удължаване на живота и;
- продължителността на искрата може да бъде променяна за всеки цилиндър индивидуално с цел постигане на максимален КПД, в зависимост информацията, получена от детонационния преобразувател;
- при възникване на проблем с някои от бобините отказва да работи само един цилиндър, при което не се прекратява работата на двигателя.



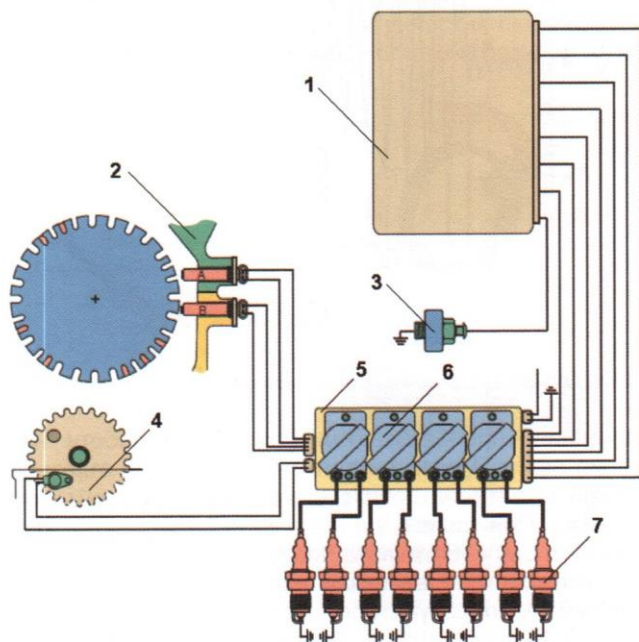
Фиг. 9.16. Принципна схема на микропроцесорна запалителна система на Форд: 1-пакет със запалителни бобини; 2-микропроцесорен управляващ блок; 3-комутатор; 4- преобразувател на положението на разпределителния вал; 5- преобразувател на положението на колянвия вал

На (фиг. 9.16) е показана принципна схема на микропроцесорна запалителна система с една бобина за два цилиндъра. Характерно за тази система е, че всяка запалителна бобина има два извода за високото напрежение, които са свързани директно към запалителните свещи.



Електрическа искра възниква едновременно в два цилиндъра, но в момент, когато единият е в такт сгъстяване, а другият в такт изпускане. Към първичната намотка на запалителната бобина е свързан комутаторът 3, управляван от сигнала на микропроцесорния управляващ блок 2. С помощта на комутатора се управлява редът на запалването, продължителността на искрата и ъгъла на изпреварване на запалването. При тези системи енергията на искрата е много по-висока от конвенционалните системи. Средната продължителност на искрата през електродите на свещта е 1,5 ms, а при конвенционалните системи 1 ms. Тази разлика може да изглежда незначителна, но е особено важна при двигателите, работещи с бедни горивни смеси. По-голямата продължителност на искрата спомага за сигурното възпламеняване на бедни горивовъздушни смеси.

През последните години се разработват електронни уредби за управление ъгъла на изпреварване на запалването, чиито основен входен параметър е появата на детонационно горене в цилиндрите на двигателя (фиг. 9.17). Уредбата е „затворена“, т.е. работи с обратна връзка, което позволява текущата стойност на ъгъла на изпреварване на запалването да бъде максимално близка до граничната, след което възниква детонационно горене. Това повишава к.п.д. на двигателя, неговата мощност и намалява разхода на гориво. Уредбата съдържа детонационен преобразувател 3, монтиран към цилиндровия блок или главата на двигателя. Той улавя и „разпознава“ колебанията, възникващи при детонационно горене, и „изпраща“ съответен сигнал към блока за управление 1.

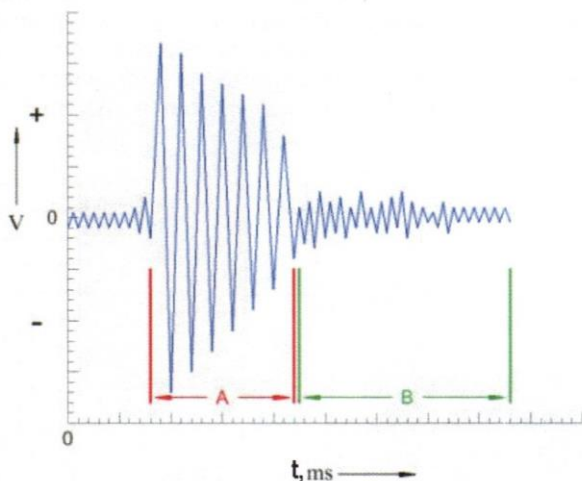


Фиг. 9.17. Принципна схема на микропроцесорна запалителна система с детонационен преобразувател: 1-микропроцесорен управляващ блок; 2- преобразувател на положението на колянвия вал; 3-детонационен преобразувател; 4-преобразувател на положението на разпределителния вал; 5-комутатор; 6-запалителни бобини; 7-запалителни свещи

Управляващата програма е така разработена, че винаги се поддържа голям ъгъл на изпреварване на запалването. Веднага след като се установи наличие на детонационно горене, в зависимост от неговата интензивност ъгълът на изпреварване на запалването се намалява. Щом детонациите изчезнат, уредбата започва стъпаловидно да повишава стойността на ъгъла на изпреварване на запалването до възникването отново на детонации, когато процесът се повтаря. За да се намали възможността други вибрации да бъдат възприети като детонации, сигналът от детонационния се пропуска към управляващия блок само за определен период от време, след като в някои от цилиндрите на двигателя е подадена електрическа искра.

Характерно за детонационното горене е появата, в определен честотен спектър, на честоти с много голяма амплитуда, които се възприемат като „метално чукане“. Като се отделят тези честоти, с помощта на лентов филтър, се получава сигнал за наличие на детонация.

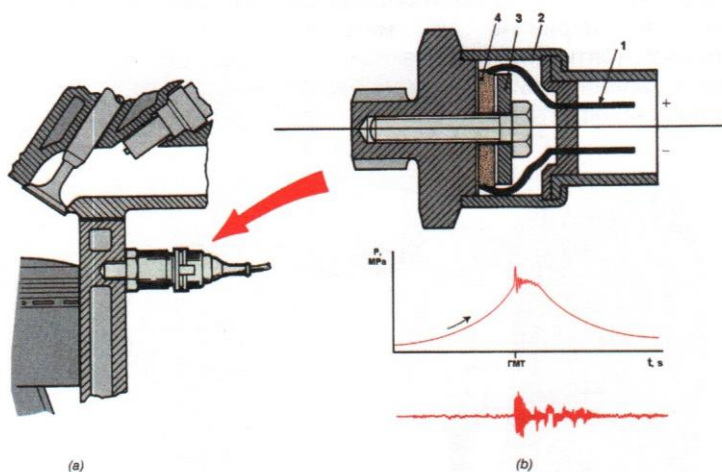
На фиг. 9.18 е показана опростена форма на сигнала (напрежението), чиито общ вид е присъщ за повечето детонационни преобразуватели. Формата на сигнала по време на периода А показва кога е настъпила детонацията, а формата на сигнала по време на периода В показва общия шум в двигателя.



Фиг. 9.18. Форма на детонационен сигнал, получен от детонационен преобразувател

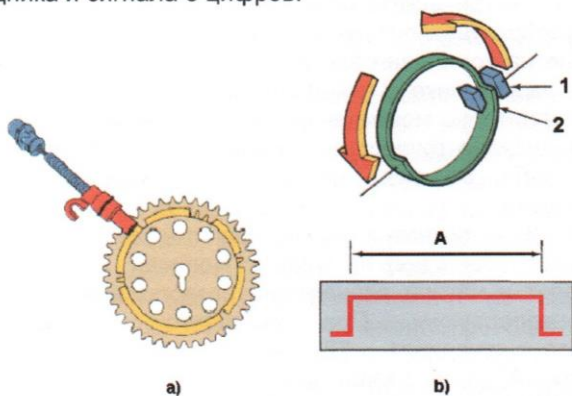
Детонационният преобразувател (фиг. 9.19) работи на принципа на пиезоелектричния ефект. Пиезокристалът 1 е монтиран върху сеизмична маса 3 и е разположен в метален корпус 2 с помощта на който се монтира към цилиндричния блок. При поява на детонация възникват трептения, които съвпадат по честота със собствената честота на пиезокристала. В резултат на резонанса на пиезокристалата възниква напрежение от порядъка на 20 mV/g, което се генерира от преобразувателя.





Фиг. 9.19. Принципна схема на детонационен преобразувател: а) устройство на детонационен преобразувател: 1-конектор; 2-метален корпус; 3-сеизмична маса; 4-пиезокристал; б) форма на сигнала, получен от детонационен преобразувател.

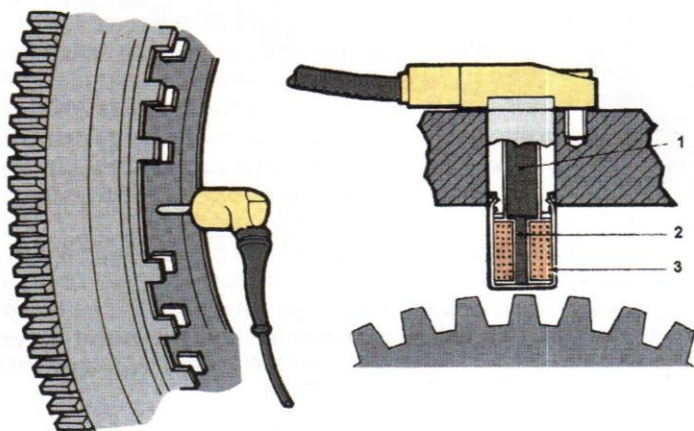
Преобразувателите за положението на разпределителния вал (фиг. 9.20) могат да бъдат магнитоелектрически или такива базирани на ефекта на Хол. Типа на преобразувателя може да бъде определен в зависимост от броя на проводниците свързани с него. Магнитоелектрическият преобразувател има два проводника и при него сигнала е аналогов, а при този базиран на ефекта на Хол има три проводника и сигнала е цифров.



Фиг. 9.20. Принципна схема на преобразувател на положението на разпределителния вал: а) с магнитоелектрически преобразувател; б) с преобразувател на Хол: 1-преобразувател на Хол; 2-бленда; А-форма на сигнала подаван от преобразувателя

Сигналите от преобразувателя за положението на разпределителния вал и преобразувателя за положението на колянвия вал служат за определяне на времето през което първият цилиндър се намира в такта съгъстяване. Тази информация се използва за управление на системите за впръскване на горивото, запалването и системите с променливи фази на газоразпределение.

Преобразувателите за положението на колянвия вал могат да бъдат индуктивни (за откриване на метални части), магнитоелектрически, фотоелектрични (оптични) или такива, базирани на ефекта на Хол. В съвременните запалителни системи най-използвани са магнитоелектрическите и тези базирани на ефекта на Хол.

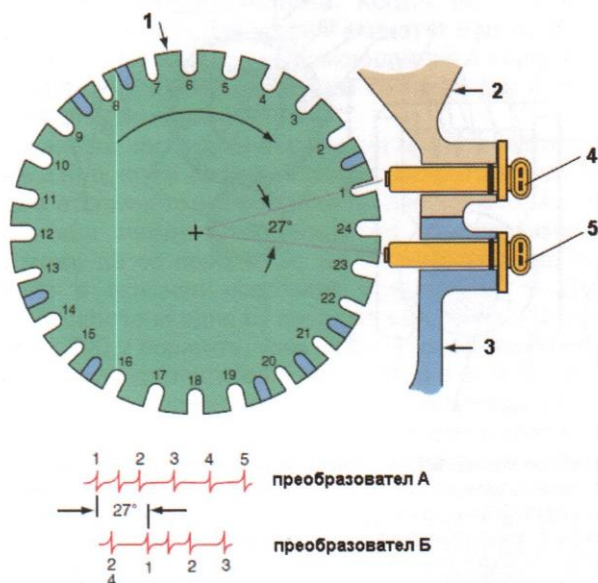


Фиг. 9.21. Принципна схема на преобразувател на положението на колянвия вал: 1- постоянен магнит; 2- ферромагнитна сърцевина; 3- бобина

При магнитоелектрическите преобразуватели (фиг. 9.21), с въртенето на колянвия вал преобразувателят генерира поредица от импулси. Техният брой, за едно завъртане на колянвия вал на двигателя е равен точно на броя на зъбите на венца на маховика. В някои случаи индуктивният преобразувател се задейства от допълнително монтиран към колянвия вал зъбен венец. Това се прави или за повишаване точността на измерването, като зъбният венец има по-голям брой зъби от тези на маховика, или за опростяване на измервателната схема.

На фиг. 9.22 е показана принципна схема на преобразувател на положението на колянвия вал на Cadillac Northstar. Тя се състои от зъбен венец 1 с двадесет и четири равномерно разположени междузъбия и осем неравномерно разположени. При въртенето на зъбния венец 1 преобразувателите генерират 32 високо и нисковолтови сигнала. Преобразувателят "А" 4 е разположен в горната част на картера 2, а преобразувателя "Б" 5 в долната част на картера 3. Понеже преобразувателят "А" е разположен над преобразувателя "Б", генерираният от него сигнал е с 27° по-рано от този генериран от преобразувателя "Б". Сигналите от двата преобразувателя се предават към комутатора, на базата на които управляващия блок управлява запалителните бобини. Освен това сигналите от двата преобразувателя дават информация в какво положение се намира колянвия вал (на колко градуса е завъртян).





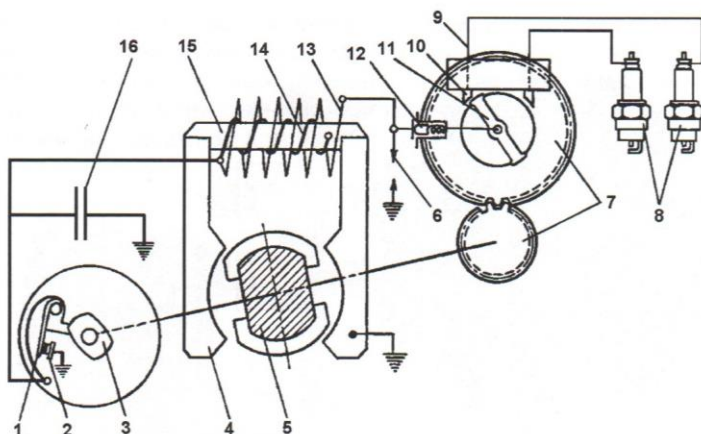
Фиг. 9.22. Принципна схема на преобразувател на положението на колянвия вал на Cadillac Northstar: 1-зъбен венец; 2-горна част на картера; 3-долна част на картера; 4-преобразувател "А"; 5-преобразувател "Б"

#### 9.4. Магнетно запалване

Магнетното запалване се използва при пускови бензинови двигатели и при някои мотоциклетни двигатели.

Магнетът за високо напрежение е малка магнитоелектрическа машина, в която са обединени генератор за променлив ток, с възбуждане от постоянен магнит, трансформатор (запалителна бобина), прекъсвач и разпределител.

При тракторите и някои мотоциклети се използват магнети с постоянен въртящ се магнит (фиг. 9.23). Магнитната верига на такъв магнет се състои от постоянен въртящ се магнит 5, магнитопровод 4 и сърцевина 15. Магнитът е пръчковиден, с малка дължина, залят в отливка от немагнитна сплав. Отливката с постоянния магнит е разположена на вала на магнета. Постоянният магнит 5 се обхваща от магнитопроводите 4. Полюсните крайници на магнита и магнитопроводите са така обработени, че хлабината между тях да е малка, за да се намали магнитното съпротивление на веригата. Над магнитопроводите е разположена сърцевината на индукционната бобина. Полюсните крайници на магнита, магнитопроводите и сърцевината на индукционната бобина са набрани от пластини електротехническа стомана, за да се намалят вихровите токове.



Фиг. 9.23. Принципно схематично изображение на магнет с постоянен въртящ се магнит: 1-подвижен контакт на прекъсвача; 2-неподвижен контакт на прекъсвача; 3-гърбица на прекъсвача; 4-магнитопровод на индукционната бобина; 5-въртящ се магнит; 6-искров предпазител; 7- зъбна предавка; 8-запалителни свещи; 9-електрическа верига за високо напрежение; 10-неподвижен електрод на разпределителя; 11- подвижен електрод на разпределителя; 12-пружинен контакт на разпределителя; 13-вторична намотка на индукционната бобина; 14-първична намотка на индукционната бобина; 15-сърцевина на индукционната бобина; 16-кондензатор

Магнетът има две електрически вериги: за ниско и за високо напрежение. Индукционната бобина има сърцевина 15 и две намотки – първична 14 и вторична 13, намотани около сърцевината 15. Най-напред е намотана първичната намотка 14, като единият ѝ край е запоен към сърцевината 15, а другият ѝ край е свързан с подвижния контакт на прекъсвача 1. Прекъсвачът се състои от подвижен 1 и неподвижен 2 контакт и гърбица 3. Подвижният контакт 1 е изолиран, а неподвижният 2 е свързан на маса. При затворени контакти на прекъсвача, веригата на първичната намотка се затваря на маса. Единият край на вторичната намотка 13 на индукционната бобина, чрез първичната намотка 14, е свързан на маса, а другият ѝ край чрез подвижния контакт 1 е свързан с подвижния електрод 11 на разпределителя. Зъбната предавка 7 служи за синхронизиране работата на прекъсвача и подвижния електрод на разпределителя.

При въртене на постоянния магнит създаденото от него магнитно поле индутира в намотките на индукционната бобина променливо е.д.н., което в първичната намотка достига  $20 \div 30 \text{ V}$ , в във вторичната  $1500 \text{ V}$ . При затворени контакти на прекъсвача протича променлив ток, който създава собствено магнитно поле. Когато токът в първичната намотка достигне максимална стойност, гърбицата отваря контактите и токът се прекъсва. Изчезващото магнитно поле индутира в първичната намотка е.д.н. на самоиндукция  $200 \div 300 \text{ V}$  и във вторичната намотка високо е.д.н.  $15\,000 \div 20\,000 \text{ V}$ . Чрез подвижния електрод 11 на разпределителя, който в момента на отваряне на контактите се намира срещу някой от електродите 10, високото напрежение се подава към запалителната свещ. Искрата между електродите на свещта затваря веригата за високо напрежение. Променливият ток в първичната намотка, за едно завъртане на вала на магнета достига толкова пъти максималната стойност и толкова пъти контактите на прекъсвача се отварят,



колкото са полюсите на магнита. Когато магнита е двуполюсен, за едно завъртане се получават две искри и магнетът е двуисков.

Под действие на е.д.н. на самоиндукция в първичната намотка контактите на прекъсвача искрят. Искренето им се намалява с кондензатора 16, който е включен паралелно на контактите.

При висока честота на въртене на магнета индуктираното във вторичната намотка е.д.н. достига висока стойност. Искрата между електродите на свещта ограничава вторичното напрежение до пробивното. Ако по някаква причина не премине искра между електродите на свещта, изолацията на вторичната намотка може да се пробие. За да се избегне това, във веригата за високо напрежение е включен искровият предпазител 6. Той се състои от две остриета, отдалечени едно от друго на разстояние 12 mm. При напрежение по-високо от 18 000 V веригата, чрез искрата, се затваря през остриетата.

Хлабината между контактите на прекъсвача е от  $0,25 \pm 0,35$  mm.

За да се получи максимално индуктирано вторично напрежение контактите на прекъсвача трябва да се отварят в строго определено положение на полюсните крайници на магнита спрямо магнитопровода. Ъгълът, който определя положението на магнита при отваряне на контактите, се нарича абрис. Оптималният абрис е от  $8 \pm 12^\circ$ . Абрисът се регулира на стенд. При полски условия или когато липсва стенд абрисът се регулира по следния начин: завърта се магнитът от неутралното му положение по посока на въртенето, докато ръбът на полюсния крайник се отдалечи от горният ръб на магнитопровода на  $2 \pm 3$  mm. При това положение на магнита контактите на прекъсвача трябва да се отворят.

## Глава 10. Пускане на двигателите и пускови приспособления

### 10.1. Общи сведения

За да се пусне двигател с вътрешно горене, колянният му вал трябва да се завърти от външен източник на енергия, с такава честота, която да удовлетворява протичането на процесите смесообразуване, запълване на цилиндрите с прясно работно тяло, съгъстяване и възпламеняване.

Бързото и сигурно пускане на двигателя оказва значително влияние върху експлоатацията на автомобила. Най-голямо е износването при пускането на двигателя, поради малката производителност на маслената помпа смазването е незадоволително. Също така голямо износване се получава и при пускане на студен двигател, когато триенето е голямо, а самото пускане е продължително.

Най-малката честота на въртене на колянния вал, при която двигателя се пуска сигурно, се нарича *пускова честота на въртене*.

Пусковата честота на въртене при бензиновите двигатели се определя от условията за получаване на годна за възпламеняване горивна смес и искра способна да възпламени тази смес.

При дизеловите двигатели пусковата честота на въртене е значително по-голяма. При тях температурата на въздуха в цилиндрите в края на процеса съгъстяване трябва да е достатъчно висока за самовозпламеняване на горивото, а горивото да е фино разпръснато. Количеството топлина, отдавана от въздуха към стените на горивната камера, е пропорционална на площта на стените на горивната камера и на времето на топлообмена. За да се намали охлаждането на въздуха в цилиндрите, трябва да се съкрати времето за топлообмена, т.е. да се повиши честотата на въртене. Също така, с увеличаване на честотата на въртене се подобрява разпръскването на горивото.

Пусковата честота на въртене, при бензиновите двигатели, е  $50 + 75 \text{ min}^{-1}$ , а на дизеловите двигатели е  $100 + 250 \text{ min}^{-1}$  и зависи от начина на смесообразуване и индивидуалните им особености.

Необходимата мощност на външния източник на енергия при дадена пускова честота на въртене се определя от съпротивителния момент на двигателя при пускане. Съпротивителният момент на двигателя при пускане се състои от три компонента: съпротивителен момент от триенето, от съгъстяването и от задвижването на спомагателните механизми.

Съпротивителният момент от триенето зависи от вида и качеството на маслото, от температурата, честотата на въртене, ходовия обем, типа и техническото състояние на двигателя.

За пускане на двигателя е необходимо съпротивителният му момент да бъде по-малък от въртящия момент, създаден от налягането на газовете върху буталата при първите припалвания. При понижаване на температурата вискозитетът на маслото се увеличава и моментът от триенето расте. Съществува една гранична стойност на вискозитета на маслото, при която пускането на двигателя е все още невъзможно. Съпротивителният момент на двигателя, при тази гранична стойност на вискозитета, се нарича *пусков момент на двигателя*.

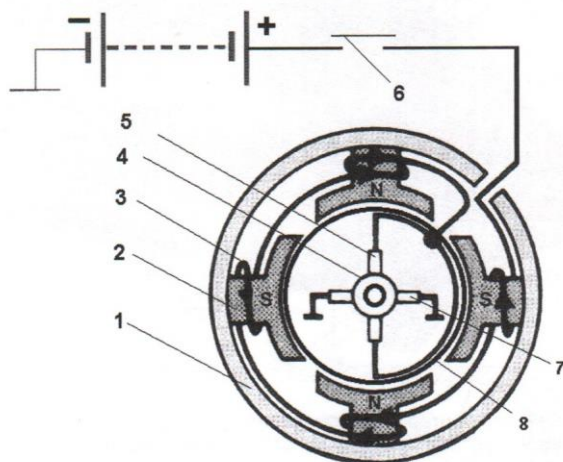
Според начина на завъртане на колянния вал пусковите системи биват механични и пневматични. При механичните колянният вал кинематично е



съединен с пусково приспособление, а при пневматичните коляновият вал се развърта с помощта на съгъстен въздух подаван в цилиндрите на двигателя.

## 10.2. Механични пускови системи

**Електрически стартери.** За пускането на автотракторните двигатели най-често се използва електрически стартер. Той се състои от постоянно токов електродвигател с последователно възбуждане и механизъм за зацепване към зъбния венец на маховика на двигателя.



Фиг. 10.1. Схема на стартерен електродвигател: 1-корпус; 2-полюсна сърцевина; 3-възбудителна намотка; 4-колектор; 5-четка; 6-включвател; 7-минусови четки; 8-ротор.

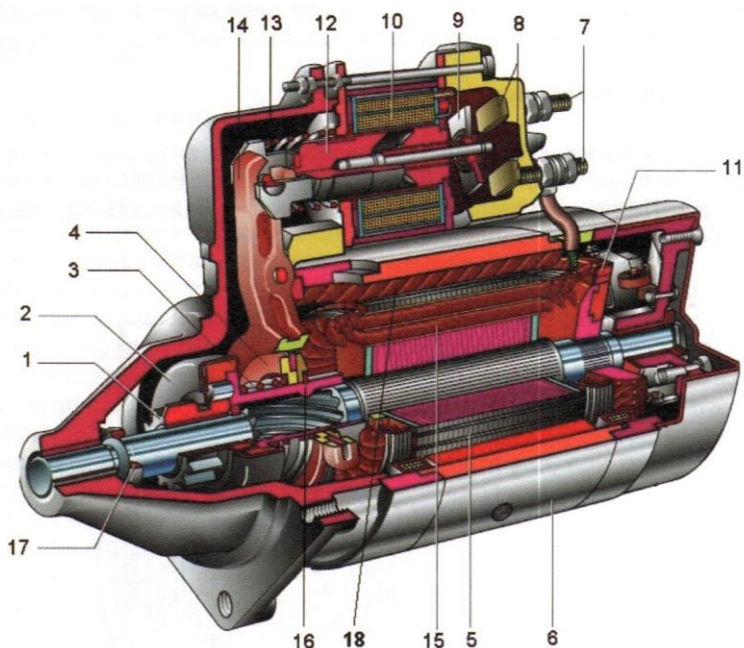
При затворени контакти на включвателя 6 (фиг. 10.1) токът протича през плюсовата клемма на акумулаторната батерия, контактите на включвателя 6, възбудителната намотка 3, полюсовите четки 5, роторната намотка (чрез четките и колектора), минусовите четки 7 и масата. Създават се две магнитни полета: едно от роторната намотка, а другото от възбудителната намотка. При взаимодействието на двете магнитни полета роторът 8 на стартера се завърта. Токът във възбудителната намотка е равен на тока в роторната намотка.

По устройството на електродвигателя, стартерите не се различават съществено един от друг. По начина на управление стартерите биват с непосредствено управление и с дистанционно управление. Най-голямо приложение са намерили стартерите с дистанционно управление.

На фиг. 10.2 е показано устройството на стартер с дистанционно управление.

Втулката 16, на механизма за зацепване на зъбното колело с зъбния венец на маховика, е монтирана върху вала на ротора 5 на винтови шлицы.

Към корпуса на стартера е закрепено тягово реле, което зацепва зъбното колело и затваря електрическата верига на електродвигателя. Като се пропусне ток през намотките 10 на тяговото реле, електромагнитът привлича котвата 12, която чрез вилката 14, муфата 4 и буферната пружина 3 премества зъбното колело 1 и го зацепва със зъбния венец на маховика.



Фиг. 10.2. Схема на starter с дистанционно управление: 1- зъбно колело; 2- ролков съединител за свободен ход; 3- буферна пружина; 4- муфа; 5- ротор с намотка; 6- корпус; 7- клемите на тяговото реле; 8- неподвижен контакт; 9- подвижен контакт; 10- намотка на тяговото реле; 11- колектор; 12- котва на тяговото реле; 13- възвратна пружина; 14- вилка; 15- роторна намотка; 16- шлицева втулка; 17- опорен пръстен; 18- статорна намотка.

Когато зъбното колело се премести на около  $\frac{3}{4}$  от пълния си ход, контактната пластина 9 свързва клемите 7 на тяговото реле. С това електрическата верига на стартера се затваря (протича ток през стартерната и роторната намотки) и роторът започва да се върти. Осевата сила, възникваща във винтовите шлицы, премества зъбното колело до опорния пръстен 17 и го задържа в това положение при пускане на двигателя. Зъбното колело се премества допълнително за сметка на свиването на пружината 3, тъй като ходът на котвата на тяговото реле е по-малък.

След пускането на двигателя, посоката на осовата сила в шлиците на вала се изменя и тя заедно със силата на пружината 3 премества зъбното колело в обратна посока. Зъбното колело остава зацепено, докато в намотките на тяговото реле протича ток. Ролковият съединител е еднопосочен – предава движението от вала на ротора към зъбното колело, но не и обратно - от зъбното колело към вала (когато заработи двигателя, а зъбното колело и венета на маховика са все още зацепени). Ролковият съединител за свободен ход 2 предпазва стартера от разрушаване от центробежните сили, които биха се появили в ротора при предаване на движението от зъбното колело към вала.

Ако при пускане на стартера зъб от зъбното колело застане срещу зъб от зъбния венета на маховика, движението на зъбното колело се прекратява, но котвата на тяговото реле продължава да се премества за сметка на свиването на буферната пружина 3. Това дава възможност контактният диск 9 да съедини клемите 7 и да затвори електрическата верига на стартера. Роторът на



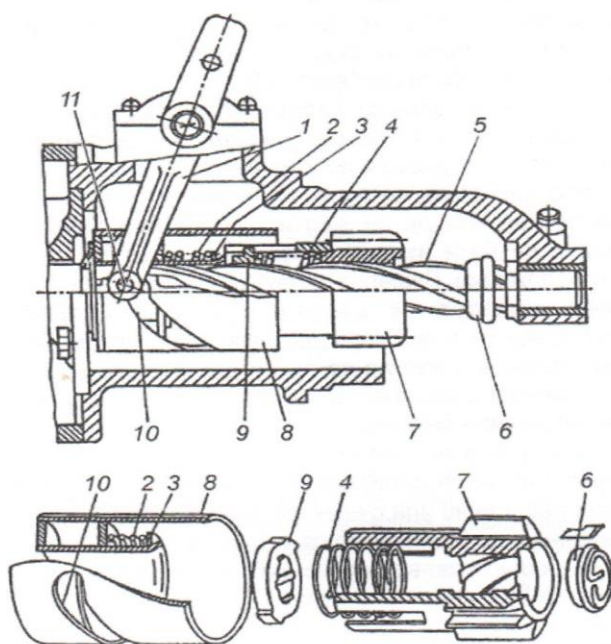
стартера се завърта. Зъбното колело се зацепва под действие не само на натегнатата буферна пружина, но най-вече под действието на осовата сила, възникваща в шлиците.

Чрез използване на осовата сила във винтовите шлицы необходимата сила за зацепване на зъбното колело, както и силата за извеждане му от зацепване, значително се намалява. Това дава възможност да се намали силата на възвратната пружина 13 и силата на притегляне на електромагнита. Освен това при винтовите шлицы ходът на котвата на тяговото реле се намалява (тяговото реле премества зъбното само на  $\frac{3}{4}$  от пълния му ход). Всичко това позволява да се намалят размерите и масата на тяговото реле.

При стартерите с голяма мощност се използва инерционнно-механично зацепване на зъбното колело.

В този тип стартери зъбното колело се зацепва принудително със зъбния венец на маховика, а излиза от зацепване автоматично.

На фиг. 10.3 е показан механизъм за инерционнно-механично включване на стартера.



Фиг. 10.3. Механизъм за инерционнно-механично включване на стартера: 1-включващ лост; 2-буферна пружина; 3-диск; 4-пружина; 5-вал на стартера; 6-опора; 7-зъбно колело; 8-чаша; 9-гайка; 10-винтов изрез; 11-палец

На вала 5 е нарязана четириходова резба с голяма стъпка. По гладката част на вала и по външната повърхност на резбата свободно може да се върти и премества в осево направление относно вала, чашата 8. Чашата има винтов изрез, в който влиза палецът на включващия лост 1. На резбата на вала са поставени гайката 9 и зъбното колело 7. Профилът на резбата на зъбното колело е такъв, че между страничните стени на навивките на резбата на вала и на зъбното колело има голяма хлабина, достатъчна зъбното колело да се

завърти на един зъб спрямо вала, без да се премества в осево направление. Опашката на зъбното колело има надлъжни прорези, в които влизат зъбите на гайката 9. Между гайката и зъбното колело е разположена пружината 4.

Върху втулката на чашата 8 са поставени буферната пружина 2 и дискът 3. Краят на втулката е подгънат навън, така че дискът и пружината не могат да се снемат. Като се пропусне ток през намотките на тяговото реле, котвата му се премества и завърта включващия лост 1, който премества чашата надясно. Чашата чрез втулката си опира в гайката 9 и я премества по резбата, докато зъбното колело се зацепи със зъбния венец на маховика. Ако зъб, от зъбното колело, застане срещу зъбния венец, преместването на зъбното колело се прекратява, но гайката 9 продължава да се премества, като свива пружината 4. При преместването си по резбата гайката се завърта, като завърта и зъбното колело чрез зъбите си, разположени в прорезите на опашката му, докато зъбното колело се зацепи с зъбния венец на маховика. При зацепване на зъбното колело котвата на стартера не се върти.

В края на хода на котвата на тяговото реле, електрическата верига на стартера се затваря и валът му започва да се върти. Чрез резбата на вала въртящият момент се предава към зъбното колело, а от него към колянвия вал. Осовата сила в резбата притиска зъбното колело към опората 6.

При завъртане на вала от силите на триене, възникващи между вала и втулката на чашата, чашата също започва да се върти, като палецът 11 премества чашата в изходното и положение.

След като двигателя се пусне и неговата честота на въртене нарасне, зъбното колело започва да се върти с по-голяма ъглова скорост от вала. Осовата сила в резбата изменя посоката си и изтласква зъбното колело в изходното му положение. Буферната пружина 2 смекчава удара.

**Пускови двигатели с вътрешно горене.** Пускането на дизеловия двигател със спомагателен карбураторен двигател е най-сигурно, защото позволява на колянвия вал да се върти достатъчно дълго. Топлината, която охлаждащата течност отнема от стените на пусковия двигател, се използва за затопляне на дизеловия двигател.

Пусковият двигател може да бъде двутактов или четиритактов, еднocyлиндров или многocyлиндров, с течностно или въздушно охлаждане. Пускането му става ръчно или с електрически стартер.

Предаването на движението от пусковия двигател към колянвия вал на дизеловия се осъществява чрез зъбна предавка и ръчно управляем съединител.

### 10.3. Пневматични пускови системи

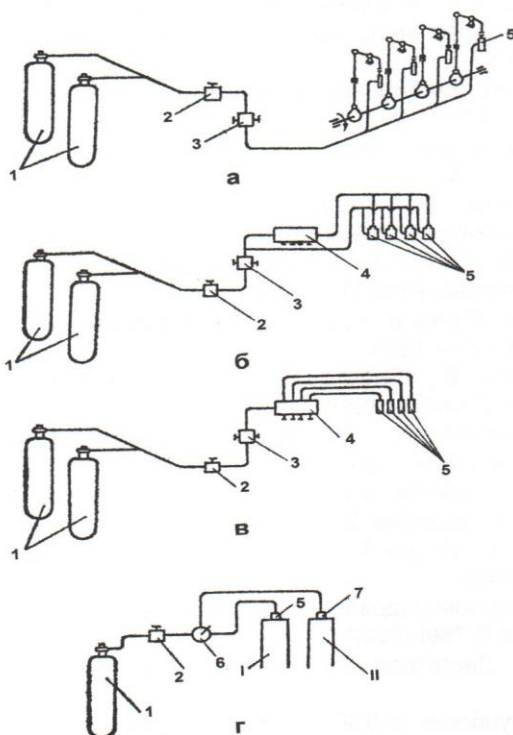
**Пускова система със сгъстен въздух.** Използва се за пускане на двигатели с голяма мощност, както и като втора пускова система освен електрическата (в някои двигатели на военна техника и тежки влекачи).

Системата създава голям пусков момент. Сгъстеният въздух постъпва от бутилките непосредствено в цилиндриите на двигателя.

На фиг. 10.4 са показани схеми за пускане на двигатели със сгъстен въздух. По схемата на фиг. 10.4 а) двигателят се пуска чрез механично задвижвани пускови клапани 5. Въздухът се подава в цилиндриите чрез гърбични шайби аналогично на газоразпределителния механизъм.



По схемата на фиг. 10.4 б) пускането се осъществява от пускови клапани с пневматично управление 5. Моментът на отварянето се определя от въздухоразпределителя 4 и управляващия главен клапан.



Фиг. 10.4. Схеми на пускане на корабни двигатели със сгъстен въздух: а-схема на пускане с механично задвижвани пускови клапани; б- схема на пускане с пневматично задвижвани пускови клапани; в- схема на пускане с автоматично задвижвани пускови клапани; г- схема на пускане с отработени газове; 1-бутилки за сгъстен въздух; 2-спирателен клапан за подаване или спиране на въздуха към системата; 3-главен управляващ клапан; 4-въздухоразпределители; 5-пускови клапани; 6-разпределителен клапан; 7-клапан за отработени газове

На схемата на фиг. 10.4 в) пускането се извършва с помощта на автоматични клапани, отварящи се в момент, определен от въздухоразпределителя, през който минава основния пусков въздух.

На схемата на фиг. 10.4 г) пускането се извършва с отработени газове от цилиндъра I, подавани към бутилките за следващо пускане от цилиндъра II. Пускането на двигателя или запълването на бутилките с газове се определя от положението на клапана 6.

За запълване на пусковите бутилки се монтират компресори, задвижвани от двигател (в уредби с малка мощност) или с автономно задвижване от електродвигател.