

Кривошипно – шатунний механізм (КШМ).

План:

1. Призначення, загальна будова і робота кривошипно – шатунного механізму двигунів.
2. Призначення та будова деталей нерухомої групи кривошипно–шатунного механізму: картера, блок картера, головок, блока циліндрів.

1. Призначення, загальна будова і робота КШМ двигунів.

КШМ – призначений для сприйняття тиску газів в циліндрах і для перетворення зворотно – поступального руху поршнів в обертальний рух колінчастого вала двигуна.

До КШМ багаточиліндрових двигунів належать такі деталі: картер (блок циліндрів) з головкою й ущільнювальними прокладками; поршнева група (поршні, поршневі кільця, поршневі пальці); шатуни; колінчастий вал; маховик; піддон картера.

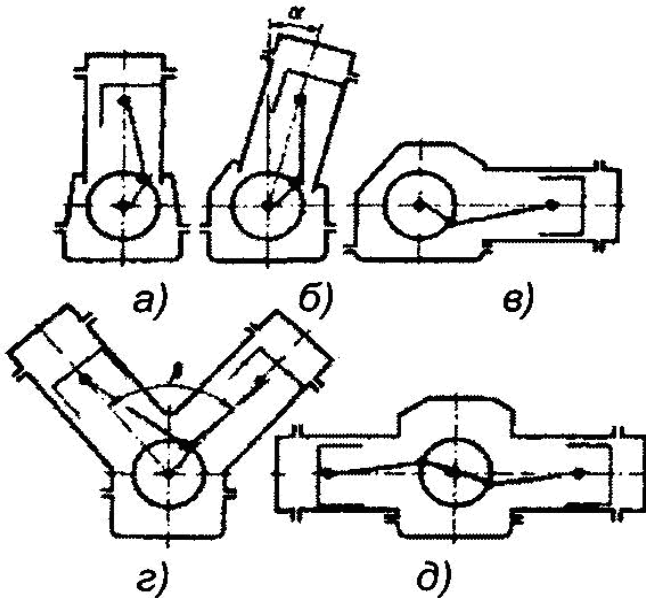


Рис. 1. Схеми кривошипно–шатунних механізмів.

Найбільш поширені двигуни, в яких циліндри розташовані в один ряд – це однорядні (рядні) двигуни. Вони бувають з вертикальним положенням осі циліндрів; під кутом $\alpha = 20 \dots 150^\circ$ до вертикалі; з горизонтальним розташуванням циліндрів (рис.4.1, а, б, в).

Для скорочення габаритної довжини циліндри розташовують у два ряди, переважно під кутом 90° – V – подібні (кут 12° – 17° – двигуни фірм WV, Ford). Відомі також двигуни з горизонтальним розташуванням циліндрів під кутом 180° (рис 1 г, д) такі двигуни називають опозитні.

У двигунів деяких фірм (Татра, WV) циліндри розташовані у три ряди. Ці двигуни називають W – подібні.

2. Призначення та будова деталей нерухомої групи КШМ.

Картер – це найбільша і найскладніша деталь двигуна, як правило, коробчастого перерізу, що є опорою для робочих деталей та механізмів і захищає їх від забруднення. Циліндри сучасних багаточиліндрових двигунів відлиті, як правило у загальному блоці, разом з картером – тоді ця деталь називається блок – картером, до нижньої частини якого кріпиться колінчастий вал.

Матеріалом для блоків циліндрів служить сірий чавун або спеціальний

алюмінієвий сплав.

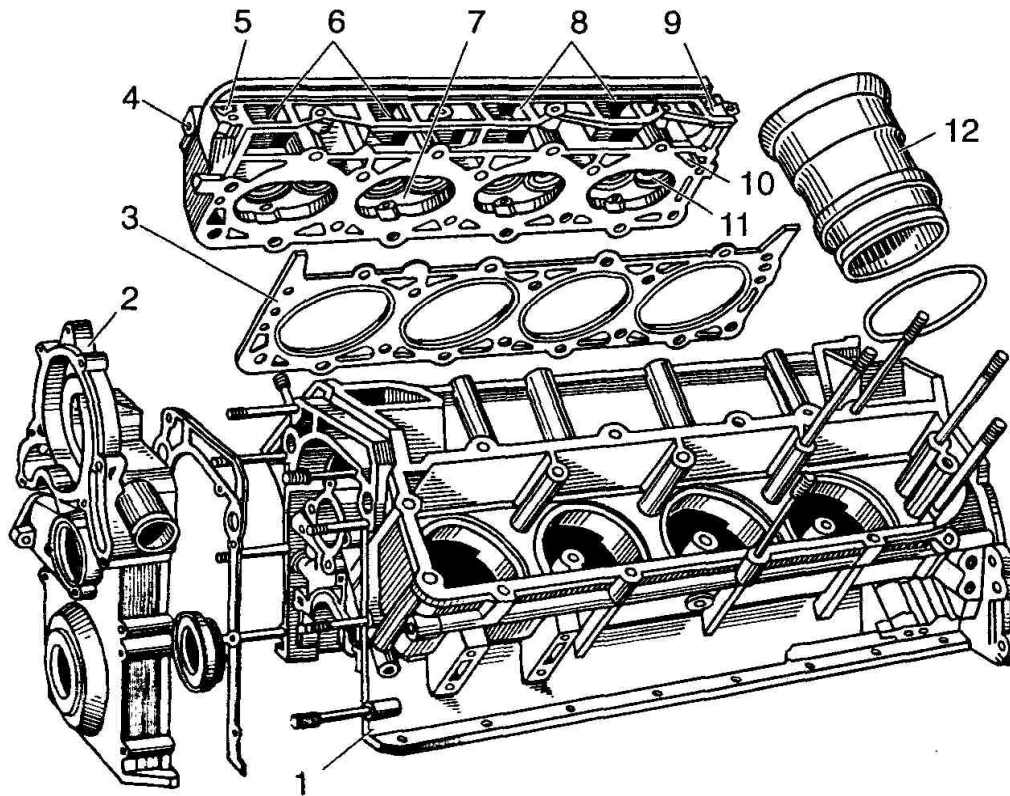


Рис. 2. Картер V – подібного восьмициліндрового двигуна ЗМЗ–53 з головкою правого ряду циліндрів і деталі кривошипно–шатунного механізму:

1 – блок циліндрів; 2 – кришка розподільних шестерень; 3 – прокладка; 4 – головка блока циліндрів; 5, 9, 10 – отвори для охолодної рідини; 6, 8 – впускні канали; 7– камера згоряння; 11 – сідло клапана; 12 – гільза циліндра.

Циліндри чавунного блока у двигунів з рідинним охолодженням виконують з подвійними стінками. Якщо блок виготовлений з алюмінієвого сплаву, то його циліндри найчастіше у вигляді гільз, які вставлені у спеціальні гнізда блоккартера й ущільнені, як правило, гумовими кільцями, а матеріалом для гільз служить, як правило, високоякісний чавун. Для максимального зниження сил тертя внутрішня поверхня циліндрів механічною обробкою доведена до дзеркального стану, який називають дзеркалом циліндра, по якому ковзає поршень.

Порожнини, утворені подвійними стінками блоку циліндрів або зовнішніми стінками блоку і гільзами, служать для циркуляції охолоджувальної рідини. Їх називають сорочкою гільзи, що безпосередньо омиваються охолоджувальною рідиною, називають мокрими гільзами.

У верхню зону гільз іноді запресовують вставки довжиною 50 – 60 мм з більш зносостійкого матеріалу, що значно збільшує довговічність циліндрів двигуна.

У нижній частині блоккартера розміщені підшипники ковзання корінних шийок колінчастого вала, закриті кришками.

У двигунів з повітряним охолодженням на відміну від блоків з рідинним охолодженням, немає блок картера, а окремі циліндри цих двигунів мають зовнішні ребра.

Нижня частина роз'єму блоків циліндрів у більшості двигунів розташована нижче осі колінчастого вала, що значно підвищує жорсткість усієї конструкції. До цієї площини щільно прилягає піддон картера, штампований найчастіше з тонкої сталі. Піддон служить резервуаром для оливи системи мащення двигуна. Між ним і картером встановлена еластична прокладка.

Спереду до блоку циліндрів кріплять кришку, під якою розміщені деталі привода механізму газорозподілу – зубчасті колеса – ланцюг чи зубчастий паз.

Блок циліндрів зверху закривають однією (у рядних) або двома у V – подібних двигунів головками циліндрів. Розповсюджені також двигуни з індивідуальними головками для кожного циліндра (КамАЗ, Volvo).

Головка блоку найчастіше виготовляється з алюмінієвого сплаву, який частково чи повністю розміщені камери згоряння. У верхній частині є отвори для розміщення розподільчого вала, а для установки клапанів у головку впресовані направляючі втулки і сидла клапанів.

В тілі головки зроблені канали для подачі в циліндри горючої суміші чи повітря, а також для охолоджувальної рідини. Площина з'єднання головки з блоком циліндрів герметично ущільнена жаростійкою сталевозбестовою прокладкою. До блоку циліндрів головки прикріплюють за допомогою шпильок або болтів.

Деталі рухомої групи КШМ.

План:

1. Призначення та будова деталей рухомої групи КШМ.
 - 1.1. Поршень.
 - 1.2. Поршневі кільця.
 - 1.3. Поршневі пальці.
 - 1.4. Шатун.
 - 1.5. Колінчастий вал.
 - 1.6. Маховик.

1. Призначення та будова деталей рухомої групи КШМ.

До поршневої групи належать: поршні, поршневі кільця й поршневі пальці.

1.1. Поршень.

Поршень – головна рухома деталь кривошипно – шатунного механізму, що сприймає тиск газів. Тиск набуває найбільшого значення на початку такту “Робочий хід”. У бензинових двигунах сумарна величина його становить 20 ... 30 кН (2 ... 3 т), а в дизельних у 2,0 ... 2,5 рази більше.

Поршень – це металевий стакан, днищем повернутий догори, а верхня підсилена частина поршня називається головкою; нижня, пряма – юбкою. Приливи в стаканах юбки, що призначені для встановлення поршневого пальця – називаються бобишками (рис. 1.).

Поршні відливають з алюмінієвого сплаву бічній поверхні його покривають тонким шаром олова (антифрикційним матеріалом) для кращого припрацювання.

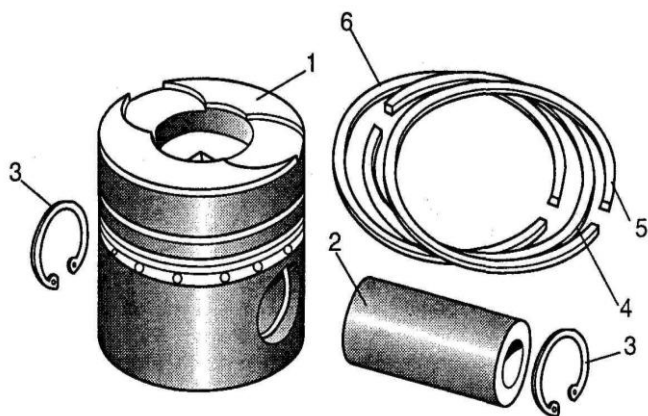


Рис. 1. Деталі поршневої групи дизеля КамАЗ–740:

1 – поршень; 2 – поршковий палець; 3 – стопорні кільця; 4, 5 – компресійні кільця; 6 – оливознімне кільце.

Верхню частину поршнів – днище виготовляють плоским, опуклим, увігнутим чи фігурної форми з виточками під головки клапанів (клапани). А у головках дизельних поршнів розміщено камеру згоряння.

Для уникнення заклинювання в циліндрі більш нагрітої головки поршня її діаметр роблять на 0,10...0,15мм меншим, ніж внутрішній діаметр циліндра. Роль ущільнюючого елемента виконують два або три компресійних кільця. Нижня канавка на голівці поршня призначена для розміщення кільця, що

знімає оливу з дзеркала циліндра, яка зтікає крізь дренажні отвори в канавці у середину поршня.

Отвір в бобищі поршня для встановлення поршневого пальця зміщено на 1,5 мм праворуч по ходу автомобіля. Це зменшує тиск на стінку циліндра і збільшує ресурс циліндро – поршневої групи.

Прогресивним рішенням можна вважати конструкцію поршнів що складаються з двох частин (деякі моделі дизелів Volvo). Верхня частина поршнів зроблена сталевую, а нижня – юбка з алюмінієвого сплаву і обидві частини з'єднані за допомогою поршневого пальця. Переваги: запобігає зайвим витратам теплоти та виключає перегрівання юбки.

1.2. Поршневі кільця.

Поршневі кільця (рис. 2.) запобігають прориву газів з надпоршневого простору в картер двигуна, а також для видалення зайвої оливи зі стінок циліндрів, щоб не допустити її в камеру згоряння. Зазор у замку компресійних кілець становить $0,4 \pm 0,1$ мм.

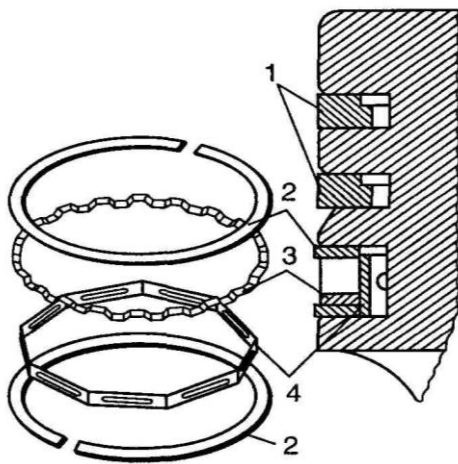


Рис. 2. Установлення кілець на поршні двигуна автомобіля:
1 – компресійні кільця; 2 – плоске сталеве кільце; 3, 4 – відповідно осьовий і радіальний розширники.

Оливознімні кільця виготовляють із двох плоских сталевих кілець і двох розширників (осьового і радіального). Верхні компресійні кільця покривають пористим хромом, інші – по зовнішній поверхні, шаром олова – для кращого припрацювання. Стики кілець, встановлених на поршні розташовують під кутом 90° один від одного.

Поперечні перерізи розрізів замків компресійних кілець бувають: прямі, косі, фіксовані штифтом.

Форми поперечних перерізів компресійних кілець бувають: прямокутні, конусні, кільця що скручуються, трапецієподібні, шкребкового типу.

Компресійні кільця встановлюють на поршні так, щоб виточки на їхній внутрішній поверхні були повернуті вгору.

Висота компресійних кілець точно підігнана до висоти канавок на поршні. Установлені на поршні кільця повинні вільно рухатись у канавках (зазори між стінками канавок і кілець $0,06 \div 0,16$ мм).

Від якості підбору поршневих кілець залежить забезпечення компресії та витрати (угару) оливи, які в сучасних двигунах становить $0,2 \dots 8\%$ від витрати палива.

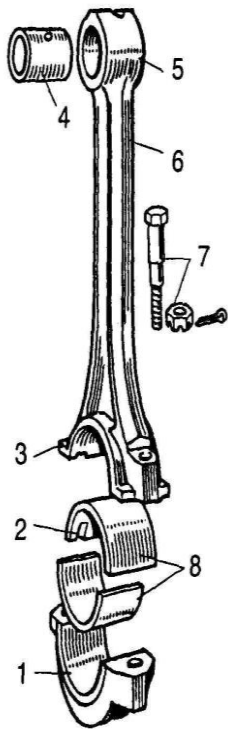
1.3. Поршковий палець.

Поршковий палець – слугує для шарнірного з'єднання поршня з шатуном. Для зменшення маси пальців, їх виготовляють порожнистими з маловуглецевої сталі, а обробку проводять так, щоб осердя було в'язким, а поверхня – стійкою проти спрацювання. В отвір головки шатуна палець вставляють із зазором, а в бобишки поршня з натягом.

При нагріванні двигуна палець може вільно обертатись і в поршні, і в шатуні, тому такий палець називають плаваючим. Від осьових переміщень палець утримують стопорні пружинні кільця.

1.4. Шатун.

Шатун (рис. 3) з'єднує поршень з колінчастим валом, має двотавровий переріз, виготовляється з легованої або вуглецевої сталі, який складається із верхньої головки, стержня і нижньої головки.



1 – кришка нижньої головки; 2 – вусики, що фіксують вкладиші; 3 – нижня головка; 4 – втулка верхньої головки; 5 – верхня головка; 6 – стержень шатуна; 7 – болт із гайкою для кріплення кришки нижньої головки; 8 – вкладиші нижньої головки.

У верхню головку шатуна запресовується бронзова втулка під поршневий палець, а для підведення мастила у головці та втулці здійснюють отвори.

Нижня головка шатуна рознімна, до нижньої головки через який кріпиться двома болтами кришка. Підшипники нижньої головки шатуна – два шатунні вкладиші з сталєалюмінієвого сплаву. Від зміщення вони утримуються виступами, які входять у відповідні пази на шатуні й кришці.

У верхню головку шатуна запресовується бронзова втулка під поршневий палець, а для підведення мастила у головці та втулці здійснюють отвори.

Рис. 3. Шатун:

Нижня головка шатуна рознімна, до нижньої головки через який кріпиться двома болтами кришка. Підшипники нижньої головки шатуна – два шатунні вкладиші з сталєалюмінієвого сплаву. Від зміщення вони утримуються виступами, які входять у відповідні пази на шатуні й кришці.

1.5. Колінчастий вал.

Колінчастий вал (рис. 4.) – сприймає зусилля від шатунів і передає його на маховик, виготовляється зі сталі або магнієвого чавуну і складається з: носка, корінних, шатунних шийок, щік, противаги та фланця для кріплення маховика.

Корінні і шатунні шийки вала загартовуються з нагрівом струмами високої частоти. В щоках вала просвердлено канали для підведення оливи від корінних підшипників до оливних порожнин у шатунних шийках. Оливні порожнини слугують як додаткові грязевловлювачі (ловушки).

Від осьових переміщень колінчастий вал утримується двома сталевими упорними шайбами залитими антифрикційним сплавом, допустиме осьове переміщення якого становить $0,07 \div 0,17$ мм.

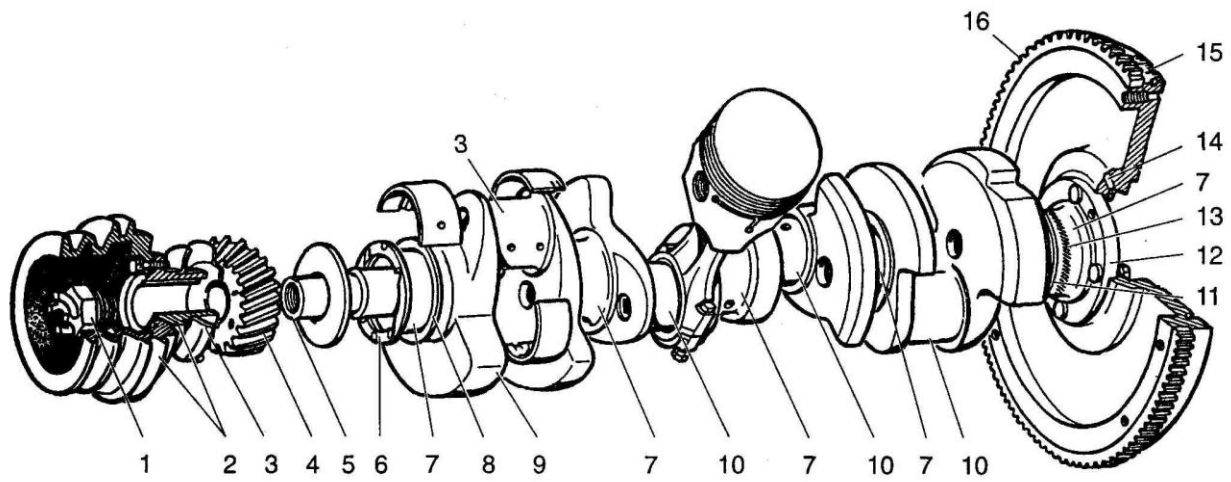


Рис. 4. Колінчастий вал:

1 – храповик; 2 – шків; 3 – оливовідбивна тарель; 4 – шестірня; 5 – носок; 6, 8 – упорні шайби; 7, 10 – відповідно корінні й шатунні шийки; 9 – противаги; 11 – оливоскидальний гребінь; 12 – фланець; 13 – оливовідвідна канавка; 14 – канал для відведення мастила; 15 – установочні мітки; 16 – зубчастий вінець

1.6. Маховик.

Маховик призначений для зменшення нерівномірності обертання колінчастого вала двигуна. За рахунок своєї інерції він дозволяє долати короткочасні перевантаження двигуна (наприклад, у момент рушення автомобіля).

Маховик – це диск, що кріпиться болтами до фланця колінчастого вала, на обод якого напесовано сталевий зубчастий вінець для обертання колінчастого вала стартером. Маховик має мітки для визначення ВМТ поршня першого циліндра.

Газорозподільний механізм (ГРМ).

План:

1. Призначення і типи ГРМ. Загальна будова і робота ГРМ.
2. Типи і будова приводів розподільних валів.
3. Призначення, матеріал і будова деталей ГРМ: розподільних валів, штовхачів, штанг, коромисел, клапанів, напрямних клапанів і сідел клапанів, пружин клапанів, гідравлічних компенсаторів.

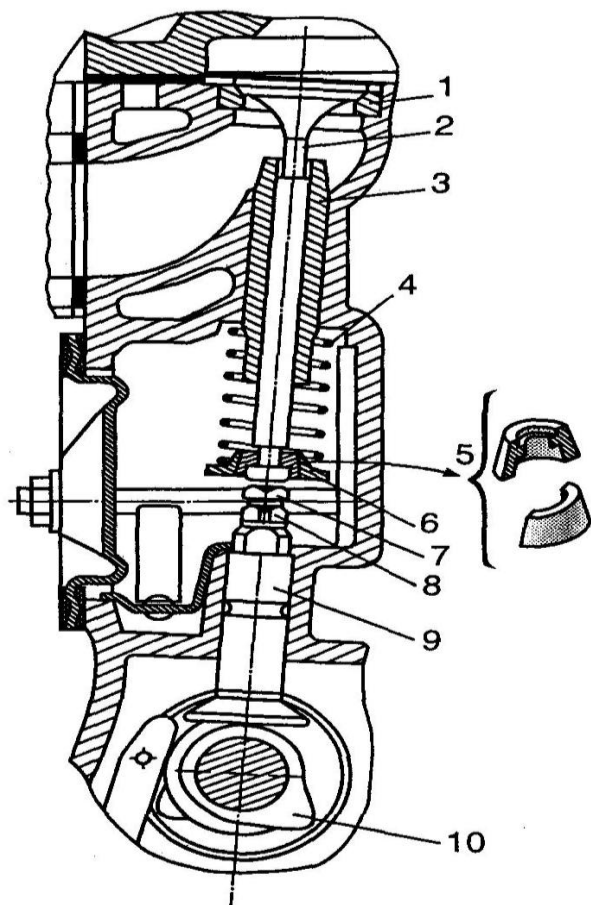
1. Призначення і типи ГРМ. Загальна будова і робота ГРМ.

Механізм газорозподілу призначений для впуску в циліндри горючої суміші(повітря) і випуску з них відпрацьованих газів відповідно до робочого циклу в циліндрах двигуна.

ГРМ складається з таких основних деталей: розподільного валу, його привода, штовхачів, штанг, коромисел, впускних та випускних клапанів.

Залежно від розташування клапанів і розподільного вала можна виділити три типи ГРМ:

– з нижнім розташуванням вала й клапанів, коли останній встановлюється в блоці циліндрів (двигуни ГАЗ–51, ГАЗ–52–04, ГАЗ–69, та інші.) (рис.6.1.).



1 – сідло клапана; 2 – клапан; 3 – напрямна втулка; 4 – пружина; 5 – сухарик; 6 – тарілка; 7 – регулювальний болт; 8 – контргайка; 9 – штовхан; 10 – розподільний вал.

– з нижнім розташуванням вала й верхнім клапанів (рис. 2.).

– з верхнім розташуванням вала й клапанів (рис. 3.), коли останні встановлюються в головці блока циліндрів (двигуни КамАЗ–5320, ГАЗ–4210, ВАЗ–2108 та інші).

Більшість сучасних двигунів мають механізм газорозподілу з верхнім розташуванням клапанів, що дає змогу зробити компакту камеру згоряння, забезпечити краще наповнення циліндрів пальною сумішшю, спростити регулювання клапанів і теплових зазорів.

У механізмах газорозподілу з верхнім розташуванням розподільного вала немає штанг, завдяки чому зменшується маса й інерційні сили клапанного механізму, що дає змогу

Рис. 1. Механізм газорозподілу двигунів з нижнім розташуванням розподільного вала та клапанів:

збільшити частоту обертання й знизити рівень шуму під час роботи двигуна.

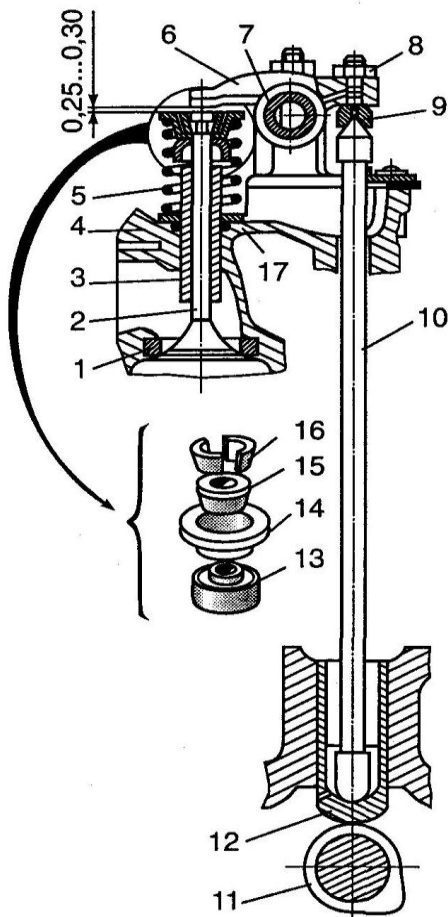


Рис. 2. Механізм газорозподілу двигунів з нижнім розташуванням розподільного вала та верхнім – клапанів:

1 – сідло клапана; 2 – клапан; 3 – напрямна втулка; 4 – головка блока циліндрів; 5 – пружина; 6 – коромисло; 7 – вісь коромисла; 8 – контргайка; 9 – регулювальний гвинт; 10 – штанга; 11 – кулачок; 12 – штовхан; 13 – ковпачок; 14 – тарілка; 15 – втулка; 16 – сухарики; 17 – стопорне кільце.

У V-подібних восьмициліндрових двигунах застосовують верхнє розташування клапанів (рис. 4.), а нижній розподільний вал таких двигунів, установлений в розвалі блока, є спільним для клапанів правого і лівого рядів циліндрів.

За два оберти колінчастого вала впускні й випускні клапани кожного циліндра відкриваються один раз, а розподільчий вал здійснює один оберт. Зубчасте колесо розподільного вала має вдвоє більше зубців, ніж ведуча шестерня колінчастого вала.

Для поліпшення наповнення циліндрів горючою сумішшю і для повного видалення з них відпрацьованих газів на сучасних двигунах встановлюють по два впускних і два випускних клапани на кожен циліндр (два розподільних вали для одного ряду циліндрів).

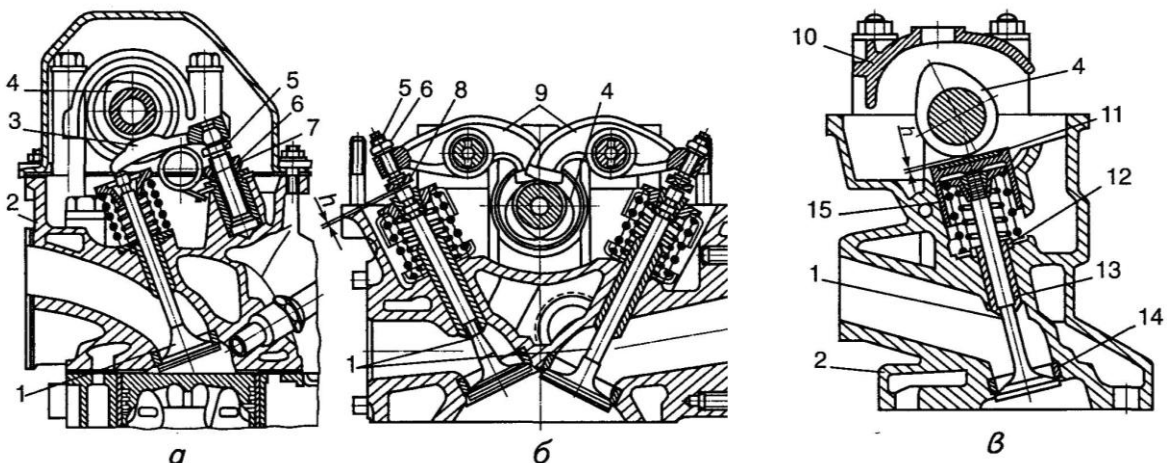


Рис. 3. Механізми газорозподілу двигунів з верхнім розташуванням розподільного вала та клапанів автомобілів:

a – ВАЗ-2105, ВАЗ-2107 "Жигули"; *б* – "Москвич-2140"; *в* – ВАЗ-2108 "Супутник", ВАЗ-2109;

1 – клапани; 2 – головка блока циліндрів; 3 – важіль; 4 – кулачки розподільного вала; 5 – болт; 6 – контргайка; 7 – шпилькова пружина; 8 – сферичний наконечник; 9 – коромисла; 10 – корпус; 11 – шайба; 12 – ковпачки олиовідбивачів; 13 – напрямна втулка; 14 – чавунне сідло; 15 – штовхач.

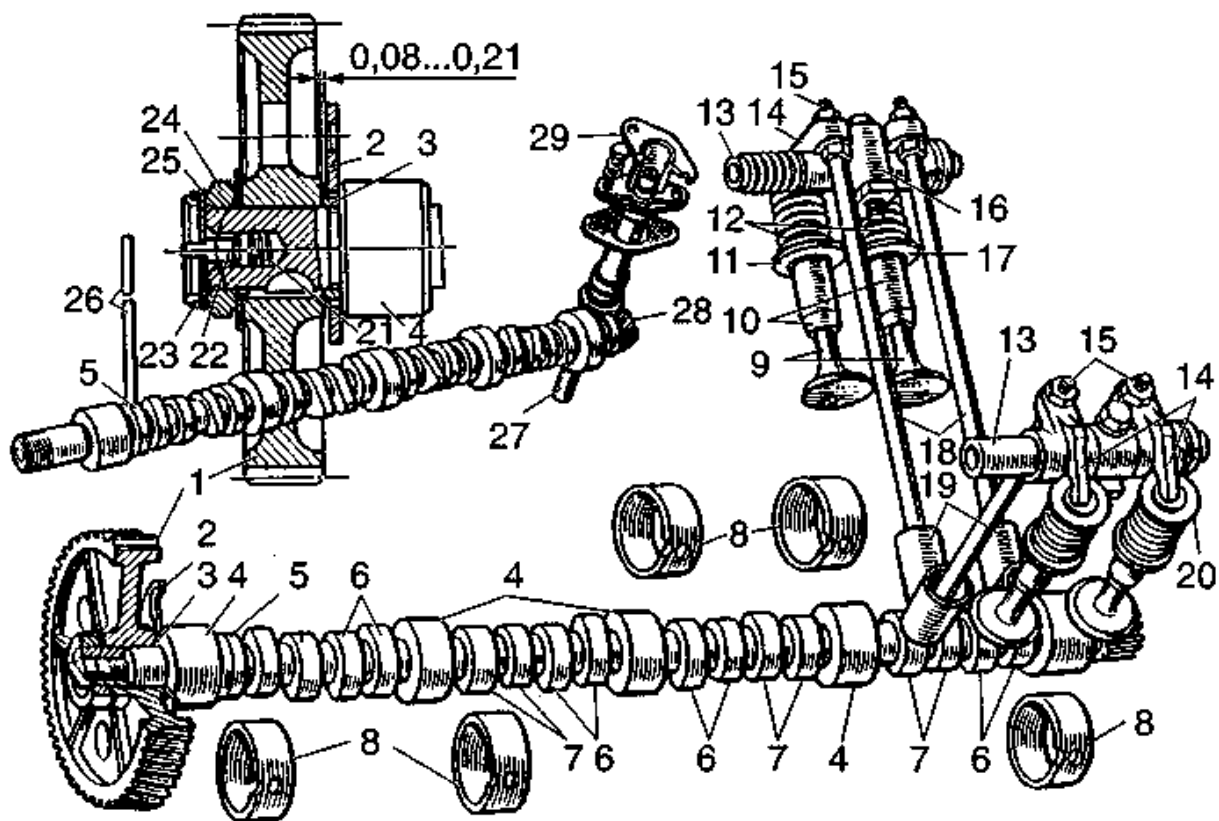


Рис. 4. Механізм газорозподілу V-подібного двигуна:

1 – зубчасте колесо; 2 – упорний фланець; 3 – розпірне кільце; 4 – опорна шийка; 5 – ексцентрик; 6, 7 – відповідно впускні й випускні кулачки; 8 – втулки опорних шийок; 9 – клапани; 10 – напрямні втулки; 11, 24 – шайби; 12, 21 – пружини; 13 – порожнисті осі; 14 – коромисла; 15 – болти; 16 – стояки; 17 – опорні шайби; 18 – штанги; 19 – штовхачі; 20 – тарілки; 22, 27 – валики; 23 – кільце; 25 – гайка; 26 – привод паливного насоса; 28 – шестірня; 29 – корпус при вода розподільника запалювання й оливного насоса.

2. Типи і будова приводів розподільних валів.

Своєчасне відкриття і закриття клапанів відповідно до робочого циклу двигуна забезпечує привод клапанів. В сучасних швидкохідних автомобільних двигунів тривалість відкритого стану клапанів становить 0,0026 с при частоті обертання колінчастого вала 6000 об/хв.

Ступінь наповнення циліндра горючою сумішшю або повітрям характеризують коефіцієнтом наповнення η_v .

$$\eta_v = \frac{G_{cз}}{G_{ц}}, \quad (1)$$

де $G_{cз}$ – кількість свіжого заряду, що надійшла в циліндр;

$G_{ц}$ – кількість свіжого заряду, яка теоретично могла б розміститися в повному об'ємі циліндра при заданій температурі та тиску.

Збільшення коефіцієнта наповнення циліндра двигуна є однією з головних вимог до робочого процесу ГРМ.

У бензинових і газових двигунах $\eta_v = (0,75...0,85)$, у дизелях

$$\eta_v = (0,90 \dots 0,95).$$

Для збільшення η_v сучасні двигуни обладнують системою надуву, що забезпечує надлишковий тиск в системі.

Привід розподільного вала здійснюється за допомогою зубчастої, ланцюгової або пасової передач (рис 5, рис. 6).

У двигунах вантажних автомобілів, як правило, використовують зубчасті передачі приводу розподільчих валів. При складанні зубчасті колеса вводяться в зачеплення за мітками, а щоб зменшити рівень шуму колеса виготовляють з косими зубцями і з різних матеріалів. На колінчастому валу встановлюють сталеву шестерню, а на розподільчому – чавунне колесо (двигуни ЗИЛ–130, МАЗ–5335) або текстолітове (двигуни автомобілів ГАЗ–53–12, УАЗ–3151–01).

У двигунах легкових автомобілів сімей “Москвич” та ВАЗ (із приводом на задні колеса) механізм газорозподілу приводять в дію від колінчастого вала дворядним втулково–роликовим механізмом, а у двигунах передньоприводних ВАЗ–2108 “Спутник”, ВАЗ–2109 – зубчастим пасом.

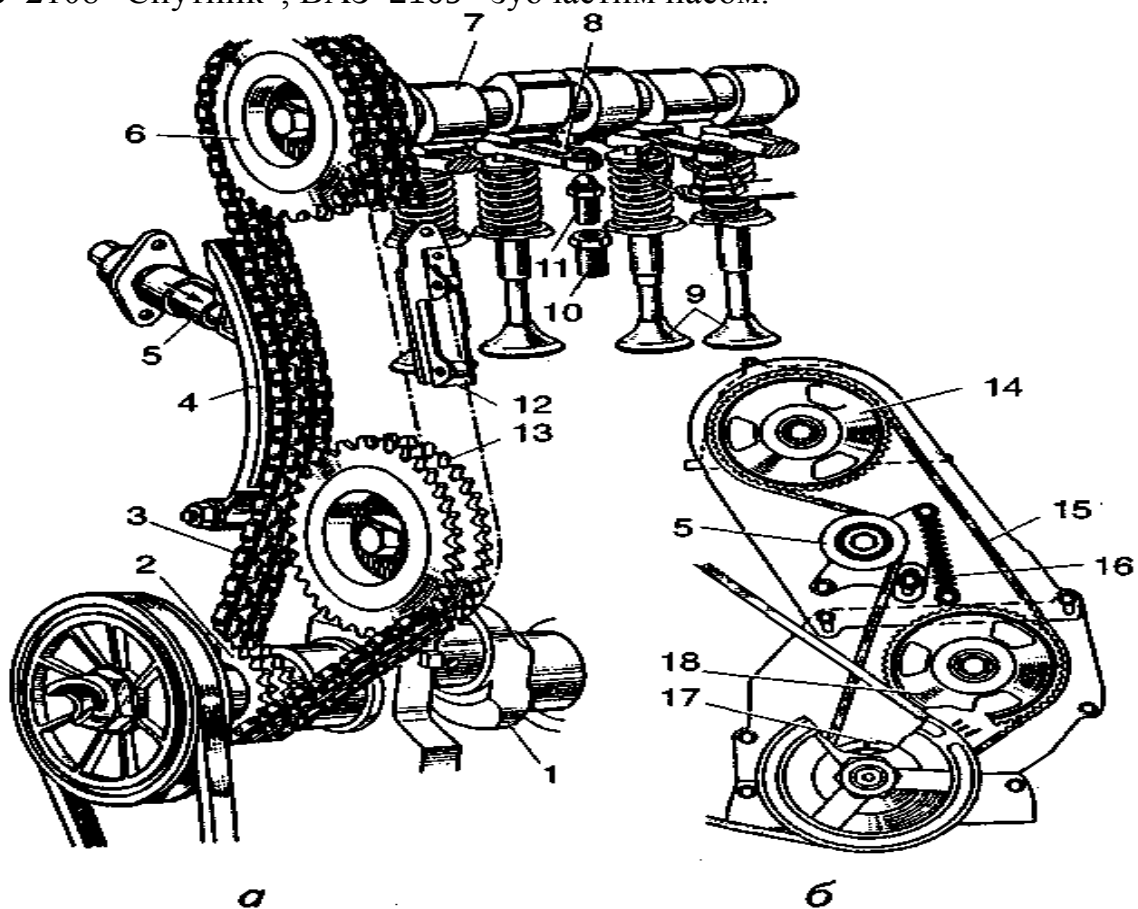
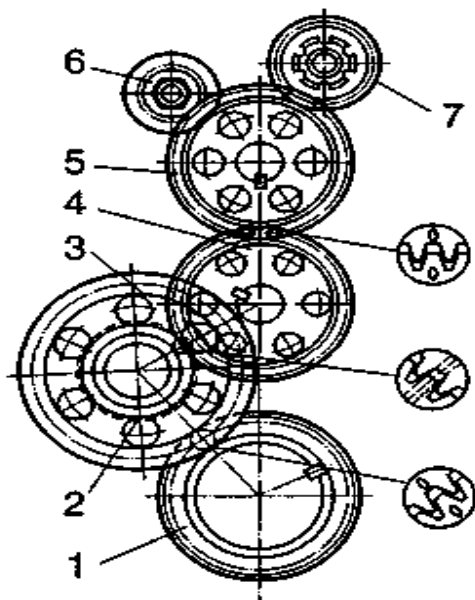


Рис. 5. Привід механізму газорозподілу двигунів з верхнім розташуванням розподільного вала:

a – ланцюгом; *б* – зубчастим пасом;

1 – колінчастий вал; 2, 6 – відповідно ведуча й ведена зірочки; 3 – ланцюг; 4 – башмак натяжного пристрою; 5 – натяжний пристрій; 7 – розподільний вал; 8 – важіль привода клапана; 9 – клапани; 10 – втулка регулювального болта; 11 – регулювальний болт; 12 – заспокоювач ланцюга; 13 – зірочка привода оливного насоса й переривника–розподільника; 14, 17, 18 – зубчасті шківів; 15 – зубчастий пас; 16 – болт.



1 – ведуча шестірня; 2, 3 – проміжні шестерні; 4 – шестірня розподільного вала; 5 – шестірня привода паливного насоса; 6 – шестірня привода гідропідсилювача рульового керування; 7 – шестірня привода компресора.

Рис. 6. Блок розподільних шестерень двигуна КамАЗ-740:

3. Призначення, матеріал та будова ГРМ.

Розподільний вал – виготовляють із сталі або спеціального чавуну й піддають термічній обробці, а профіль кулачків вала у більшості двигунів однаковий. Одноіменні кулачки в чотирициліндровому двигуні розташовують під кутом 90° , у шестициліндровому – 60° і восьмициліндровому – 45° .

Починаючи з передньої опорної шийки, їх діаметри зменшується. Кількість опорних шийок, як правило дорівнює кількості корінних колінчастого вала. Втулки опорних шийок виготовляють із сталі, а їхню внутрішню поверхню покривають антифрикційним сплавом.

На передньому кінці розподільного вала розміщено ексцентрик, що діє на штангу привода паливного насоса, а на задньому – механізм приводу розподільника запалювання та оливного насоса.

Від поздовжнього переміщення вал утримується розпирним кільцем.

Штовхачі передають зусилля від розподільного вала через штанги до коромисел, їх виготовляють із сталі або чавуну.

Штовхачі бувають важільно-роликowymi (двигуни ЯМЗ-236) й циліндричними (ЗИЛ-130; 3МЗ-53-11; КамАЗ-740).

Для підвищення працездатності сталевих штовхачів їхню торцеву поверхню у місці стикання з кулачком наплавляють спеціальним зносостійким чавуном.

Штанги – передають зусилля від штовхачів до коромисел, виготовляють їх із сталевго прутка із сферичними наконечниками.

У двигунах ЯМЗ і КамАЗ штанги роблять із сталевго трубки, а на кінці штанг напресовують сталеві наконечники.

Коромисло – передає зусилля від штанги до клапана – це нерівноплечий важіль, виготовлений із сталі або чавуну. Плече коромисла з боку клапана приблизно в 1,5 раза довше, це зменшує хід штовхача, знижує сили інерції, підвищує довговічність деталей приводу клапанів.

Коромисло карбюраторних двигунів розташовано на спільній порожнистій осі, у дизелях – кожне коромисло коливається на своїй осі.

Клапани – відкривають і закривають впускні й випускні канали. Клапан складається із плоскої головки і стержня, з'єднаних між собою плавним переходом. Для кращого наповнення циліндрів пальною сумішшю діаметр головки впускного клапана роблять більшими, ніж діаметр випускного. Клапани виготовляють: впускні із хромистої, випускні – із жаростійкої сталі 13 головку запресовують спеціальні вставки (сідла) із жароміцного чавуну. Робоча поверхня головки клапана (фаска) має кут 45° або 30° , а фаску головки притирають до сідла.

Стержні клапанів мають циліндричну форму і вони переміщуються у втулках, виготовлених із чавуну або спечених матеріалів, запресованих у головку блока. На кінці стержня проточені циліндричні канавки під виступи конічних сухариків, які притискаються до конічної поверхні тарілки під дією пружини. У двигунах ЯМЗ, КамАЗ, "Москвич" для підвищення працездатності механізму встановлено дві пружини з протилежним напрямом витків.

На впускних клапанах під опорні шайби у верхній частині напрямних втулок встановлюють гумові манжети або ковпачки, для запобігання можливому витіканню оливи крізь зазор втулка–стержень.

У двигунах ЗИЛ–130, ЗМЗ–53–11 для кращого відведення теплоти від випускних клапанів застосовують натрієве охолодження.

V – подібні карбюраторні двигуни автомобілів ЗИЛ–130 мають механізм примусового обертання випускних клапанів, що сприяє зняттю нагару з головки та сідла клапана й запобігає їх обгорянню.

Найбільш простим за конструкцією, компактним і малоінерційним є безважільний механізм газорозподілу (ВАЗ–передньопривідний). Кулачок розподільного вала діє на циліндричний, порожній штовхач, в середині якого розміщені стержень клапана і пружини з опорною тарілкою.