

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Центральноукраїнський національний технічний університет

КАФЕДРА „ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН”

## *ТРАКТОРИ ТА АВТОМОБІЛІ*

**Методичні вказівки до виконання практичних  
занять з курсу „Трактори та автомобілі”**

для здобувачів вищої освіти спеціальності  
201 “Агрономія”, освітньо-кваліфікаційного рівня  
*бакалавр*

**Кропивницький, ЦНТУ, 2024**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Центральноукраїнський національний технічний університет

КАФЕДРА „ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН”

## *ТРАКТОРИ ТА АВТОМОБІЛІ*

**Методичні вказівки до виконання практичних  
занять з курсу „Трактори та автомобілі”**

для здобувачів вищої освіти спеціальності  
201 “Агрономія”, освітньо-кваліфікаційного рівня  
*бакалавр*

Затверджено на засіданні кафедри  
„Експлуатація та ремонт машин”  
протокол № 11 від 17.01.2024 р.

**Кропивницький, ЦНТУ, 2024**

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Трактори та автомобілі” для здобувачів вищої освіти спеціальності 201 „Агрономія”. Кропивницький: ЦНТУ, 2024.- 82 с.

Укладачі: Красота Михайло Віталійович  
Магопець Сергій Олександрович  
Кулешков Юрій Володимирович  
Шепеленко Ігор Віталійович  
Бевз Олег Вікторович  
Осін Руслан Анатолійович  
Руденко Тимофій Вікторович

Комп’ютерний набір і верстка М.В. Красота

В навчально-методичному виданні представлені практичні заняття з конструкції двигунів тракторів і автомобілів. Кожне практичне заняття має ввідні пояснення, що містять мету, наглядні навчальні і допоміжні матеріали, коротке викладення теоретичного матеріалу і контрольні запитання для самоперевірки.

Начально-методичне видання представляє собою керівництво для виконання практичних занять по дисципліні «Трактори і автомобілі» і містить необхідний теоретичний матеріал і практичні завдання для їх виконання. Призначено для здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 201 «Агрономія».

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Трактори та автомобілі” для здобувачів вищої освіти спеціальності 201 „Агрономія”/Укл. Красота М.В., Магопець С.О., Кулешков Ю.В., Шепеленко І.В., Бевз О.В., Осін Р.А., Руденко Т.В. - 2024 - 82 с.

## Зміст

### *Практичне заняття №1*

|                                                      |   |
|------------------------------------------------------|---|
| Кривошипно-шатунний механізм автотракторного двигуна | 5 |
|------------------------------------------------------|---|

### *Практичне заняття №2*

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Газорозподільний механізм автотракторного двигуна | 20 |
|---------------------------------------------------|----|

### *Практичне заняття №3*

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Система охолодження двигуна | 32 |
|-----------------------------|----|

### *Практичне заняття №4*

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Система мащення двигуна | 46 |
|-------------------------|----|

### *Практичне заняття №5*

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Система живлення дизельного двигуна | 55 |
|-------------------------------------|----|

### *Практичне заняття №6*

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Системи живлення двигунів із впорскуванням бензину | 64 |
|----------------------------------------------------|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Список використаних джерел | 81 |
|----------------------------|----|

# Практичне заняття №1

## Кривошипно-шатунний механізм автотракторного двигуна

### 1. Мета роботи

В результаті виконання роботи студент повинен вивчити загальну будову кривошипно-шатунних механізмів автотракторних двигунів, призначення, конструктивні особливості та матеріали його деталей.

### 2. Обладнання робочого місця

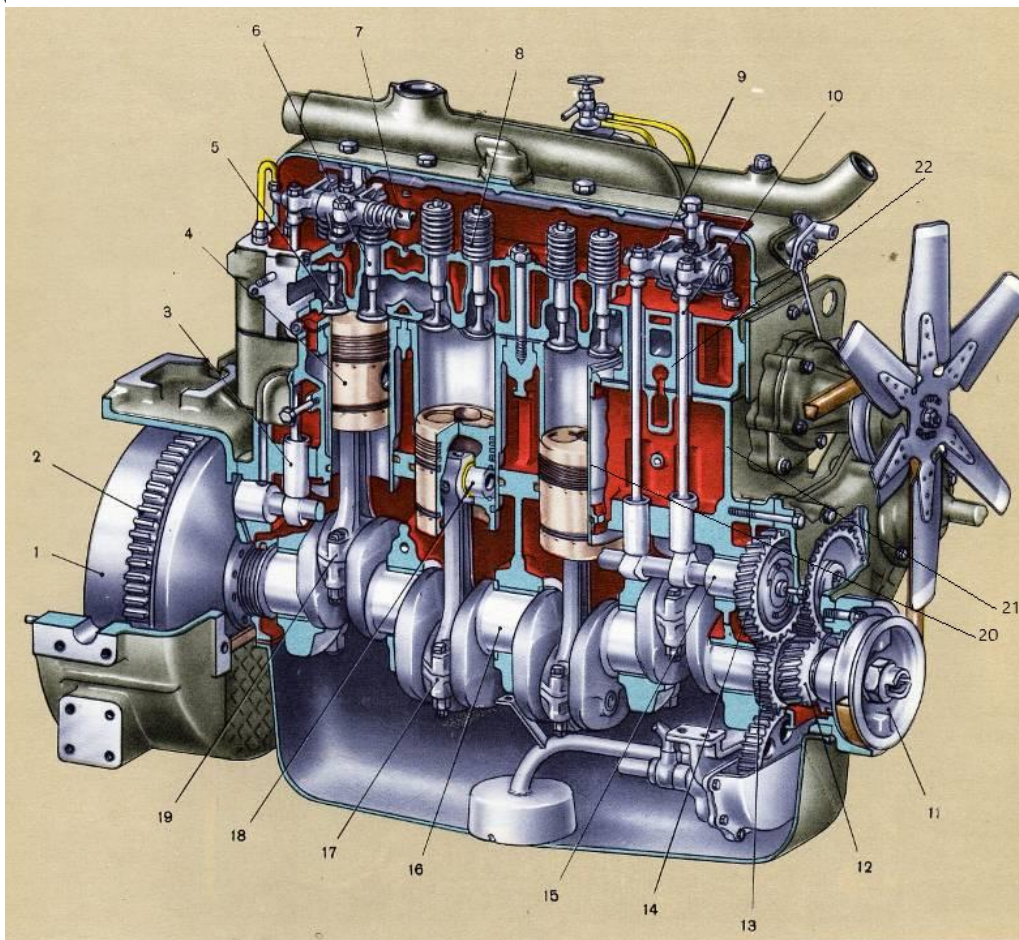
Навчально-методична література, плакати, розрізи двигунів тракторів та автомобілів.

### 3. Короткі теоретичні відомості

**Загальні положення.** Кривошипно-шатунний механізм (КШМ) призначений для перетворення зворотно-поступального руху поршнів на обертальний рух колінчастого вала.

До основних деталей і вузлів, що складають кривошипно-шатунний механізм, належать: поршень з поршневыми кільцями і пальцем, шатун, колінчастий вал, маховик, а також такі корпусні деталі двигуна, як остов, циліндри, головки циліндрів та підвіска двигуна.

Всі деталі КШМ умовно можливо розділити на дві групи (рис. 1.1): нерухомі та рухомі деталі.



1 – маховик; 4 – поршень; 16 – колінчастий вал; 17 – шатун; 18 – поршковий палець; 20 – гільза; 21 – блок циліндрів; 22 – головка блоку циліндрів.

Рисунок 1.1 – Двигун в розрізі (позиції лише по деталям КШМ).

До нерухомих деталей відносяться: *блок циліндрів, головка блоку циліндрів (ГБЦ), гільза циліндрів та прокладка головки блоку циліндрів.*

До рухомих відносяться: *поршень, шатун, поршневий палець та кільця, колінчастий вал та маховик.*

### **Нерухомі деталі.**

**Блок циліндрів.** Блок циліндрів є базисною деталлю, на ньому монтуються майже всі вузли, механізми і системи двигуна. Рациональність конструкції блока циліндрів визначає вагові й габаритні показники двигуна, а його міцність і жорсткість - надійність роботи двигуна взагалі.

Блоки циліндрів автотракторних двигунів виготовляються шляхом відливання з сірого чавуну, алюмінієвих або магнієвих сплавів.

Зверху блок циліндрів закривається головкою циліндрів, знизу картер закритий піддоном, що є резервуаром для моторної оливи.

Блок-циліндрів рядного двигуна у верхній частині має розточки, виконані по одній поздовжній осі, для розміщення вставних циліндрових гільз. У V-подібних двигунах верхня частина блока утворює два ряди блоків циліндрів, розміщених під кутом розвалу в  $60^\circ$  або  $90^\circ$ , а осі циліндрів одного ряду трохи зміщені відносно осей циліндрів іншого ряду, що дає можливість розмістити два шатуни протилежних циліндрів на одній шийці колінчастого вала.

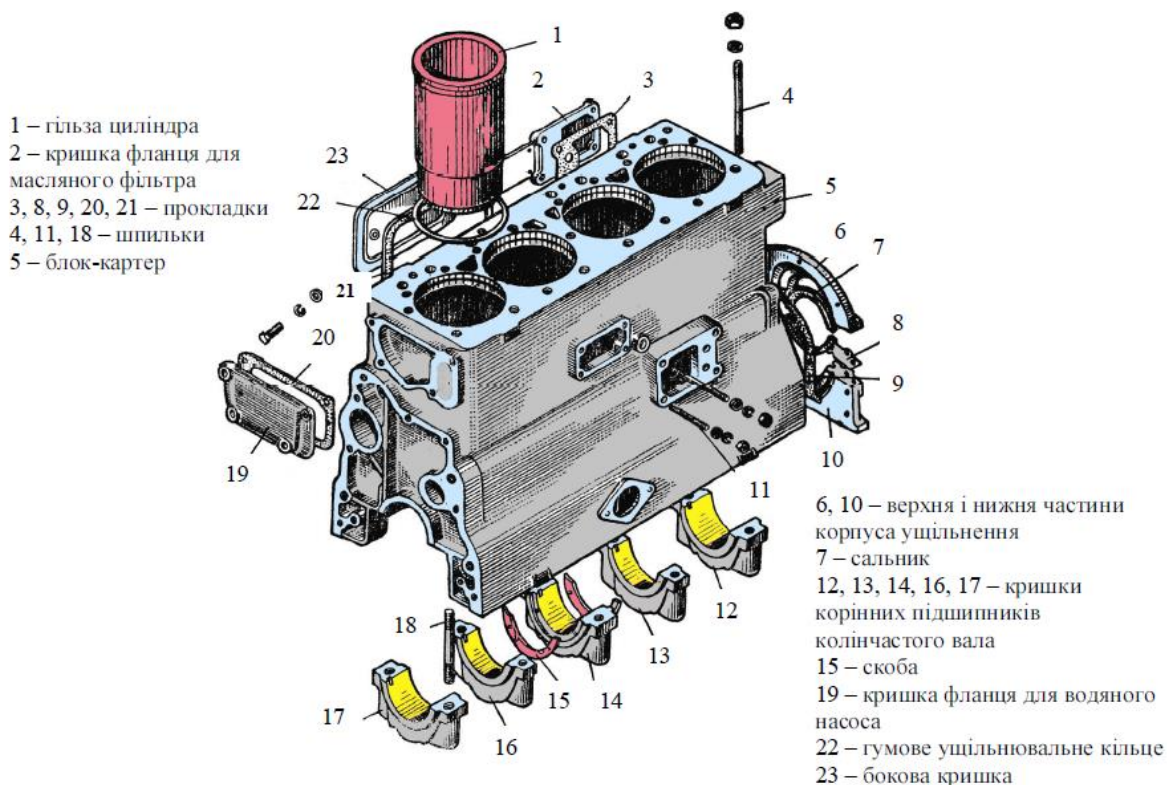


Рисунок 1.2 – Блок циліндрів двигунів з рідинним охолодженням

Порожнина між стінками блока, вертикальними перетинками і зовнішніми стінками циліндрів утворює водяну сорочку, де циркулює охолоджуюча рідина. Товщина шару охолоджуючої рідини, що омиває стінки циліндрів, становить 7...10 мм. Щоб рідина з водяної сорочки не проникла у картер, в розточках горизонтальної перетинки блока, де встановлюються гільзи циліндрів, розміщені



ущільнювальні гумові кільця. Крізь отвір у верхній плиті блока водяна сорочка сполучається з порожниною для охолоджуючої рідини в головці циліндрів.

У верхній плиті блока є різьбові отвори для болтів або шпильок, які з'єднують головку циліндрів з блоком. Між головкою і блоком встановлена спеціальна прокладка.

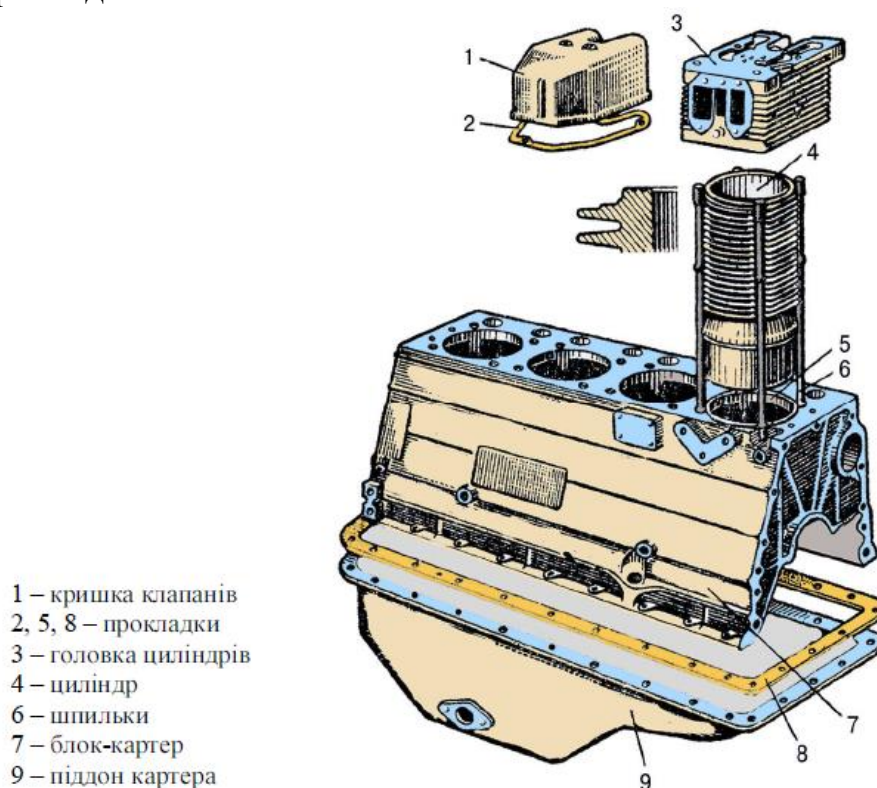


Рисунок 1.3 - Блок циліндрів двигунів з повітряним охолодженням.

У блоці виконані канали для підведення охолоджуючої рідини від рідинного насоса у сорочку охолодження, а також канали для подавання оливи від масляного насоса до опор колінчастого вала та до деяких з'єднань деталей механізму газорозподілу.

У поперечних перетинках картерної частини блока виконані циліндричні розточки для розміщення колінчастого вала. Колінчастий вал кріпиться до блоку циліндрів кришками корінних підшипників

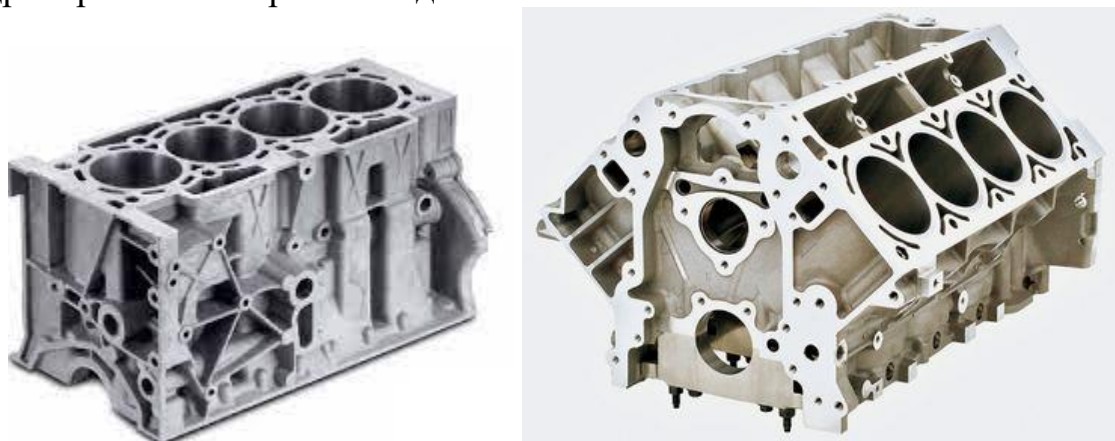


Рисунок 1.4 - Блоки циліндрів рядного та V-подібного двигуна

**Гільзи циліндрів.** Конструктивно гільзи циліндрів бувають двох типів:

- перший - коли циліндри виготовлені разом з блоком (рис. 1.5 а). Це забезпечує йому достатньо високу жорсткість за відносно малої маси й простоти конструкції;

- другий - коли циліндр виконаний у вигляді окремої деталі - циліндрової гільзи, розміщеної в розточці блока (рис. 1.5, б).



а)



б)



а – блок циліндрів відлитий разом з гільзою; б – блок та гільза, як окремі деталі

Рисунок 1.5 - Циліндри двигунів рідинного охолодження:

Вставні гільзи зазвичай виготовляють з високоміцного чавуну. Товщина стінок гільз становить 6...8 мм.

Внутрішня, ретельно оброблена робоча поверхня називається дзеркалом циліндра.

Циліндри двигунів з повітряним охолодженням, як правило, в блоки не об'єднують, а кріплять на картері разом з головкою за допомогою спеціальних (анкерних) шпильок. Їх обладнують ребрами для збільшення поверхні, яка відводить теплоту в охолоджуюче повітря. В нижній частині циліндр має проточку,



по якій центрується його посадка в картері. Між картером і упорним буртом циліндра встановлюють мідне кільце.

**Головка циліндрів.** Головка циліндрів представляє собою деталь, що обмежує камеру згоряння і встановлюється зверху блока циліндрів.

Головки циліндрів для дизелів відливають з чавуну або з алюмінієвого сплаву. Останні краще відводять теплоту.

Кріплення головки на блоці здійснюють за допомогою шпилькових або болтових з'єднань. Ущільнення між головкою і блоком досягається прокладкою з пружного жароміцного матеріалу (металоасбест). Отвір у прокладці інколи має окантовку з тонкої листової сталі.

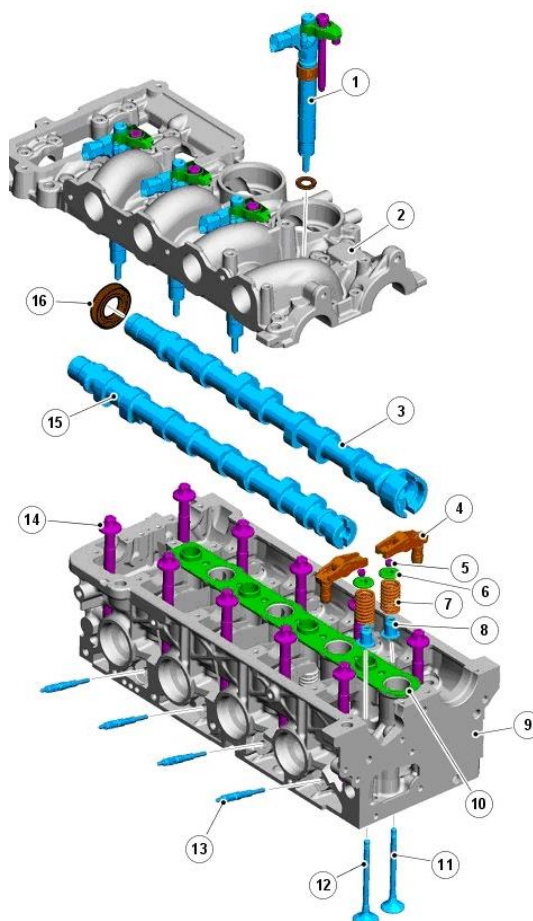
Конструкція головки циліндрів залежить від типу двигуна, системи охолодження та розміщення клапанів.

У бензинових двигунах в головці розміщені свічки запалювання й камери згоряння, в дизельних - форсунки та свічки розжарювання.

У двигунах з рідинним охолодженням в головці виконана порожнина для циркуляції охолоджуючої рідини, яка сполучена з водяною сорочкою блока. На верхній площині головки змонтований клапанний механізм і деталі його приводу (рис. 1.6).

Зверху клапанний механізм закритий кришкою. Стик між головкою і кришкою ущільнений прокладкою.

У двигунах з повітряним охолодженням зовнішня поверхня головки обладнана ребрами охолодження.



1 – паливна форсунка високого тиску; 2 – клапанна кришка; 3 – випускний розподільний вал; 4 – гідрокомпенсатор зазору і рокер (роликове коромисло); 6 – верхня направляюча пружини; 7 – пружина клапана; 8 – направляюча нижньої пружини; 9 – головка блока циліндрів; 10 – прокладка; 11 – випускний клапан; 12 – впускний клапан; 13 – свічки передпускового підігрівання; 15 – впускний розподільний вал; 16 – передній сальник головки блока циліндрів

Рисунок 1.6 – Головка циліндрів.

### Рухомі деталі КШМ.

**Поршні.** Поршень сприймає навантаження від тиску газів і сил інерції, а також теплові навантаження в результаті контакту днища з гарячими газами. Під впливом високих температур газів поршень сильно нагрівається, внаслідок чого знижується його міцність і погіршуються умови мащення, а в бензинових двигунах, крім того, існує можливість детонації. Відповідно до цього конструкція поршня, матеріал, з якого він виготовлений, повинні забезпечувати високі механічні властивості та зносостійкість. Поршень повинен бути достатньо легким і добре відводити теплоту.

Виготовляють поршні з легкого алюмінієвого сплаву, що має високу теплопровідність та невеликий коефіцієнт тертя.

Поршень складається з днища 1, ущільнювального пояса І та напрямного пояса (юбки) ІІ. На внутрішньому боці юбки виконані два приливи - бобишки 8, в отвір яких встановлюють поршневий палець (рис. 1.8). Для збільшення жорсткості поршня на його внутрішній поверхні виконані ребра.



а)



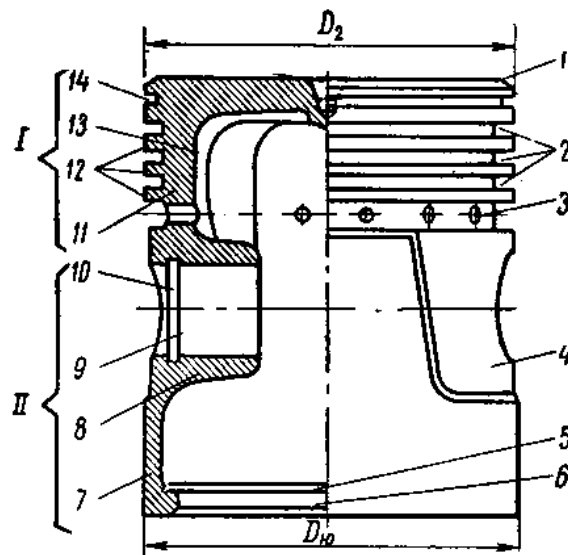
б)

Рисунок 1.7 - Поршні бензинового (а) та дизельного (б) двигуна.

Днище поршня утворює з головкою циліндрів камеру згоряння, тому форма днища залежить від способу утворення суміші. Форма камери згоряння та її розміщення відносно осі поршня залежать від розміщення форсунки і клапанів.

Поршні бензинових двигунів мають плоске або сферичне днище (рис. 1.7 а).

На ущільнювальному поясі поршня розміщені канавки для поршневих кілець.



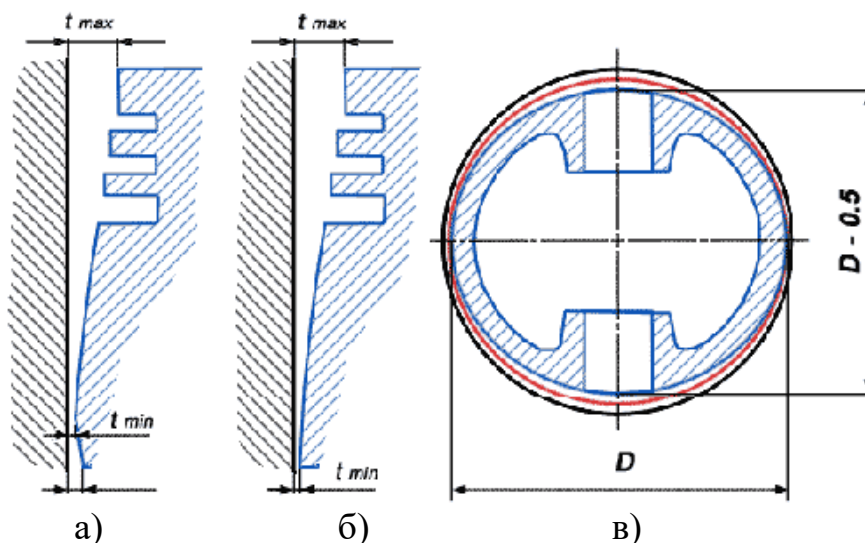
1 – днище; 2 – канавки під компресійні кільця; 3 – канавки під оливоз’ємні кільця; 4 – холодильник; 5, 6 – буртики; 7 – стінка юбки; 8 – бобишка; 9 – отвір під поршневий палець; 10 – канавка під стопорне кільце поршневого пальця; 11 – стінка головки; 12 – перемички; 13 – ребра жорсткості; 14 – проточка, що змінює напрямок теплового потоку.

Рисунок 1.8 – Конструкція поршня:

Кількість канавок під кільця становить від 2 до 4.

Направляючий пояс (юбка) розміщується нижче від поршневих кілець. Зазор між юбкою поршня і стінками циліндра повинен забезпечувати вільне пересування поршня. У дизелях величина зазору між юбкою і стінкою циліндра становить 0,18...0,24 мм, а в бензинових двигунах - 0,08...0,10 мм.

Оскільки днище поршня має вищу температуру, ніж інші частини, профіль бічної поверхні поршня виконують у вигляді циліндричних або конічних східців із збільшенням розміру від днища до юбки. В деяких випадках поверхню юбки виконують бочкоподібною.



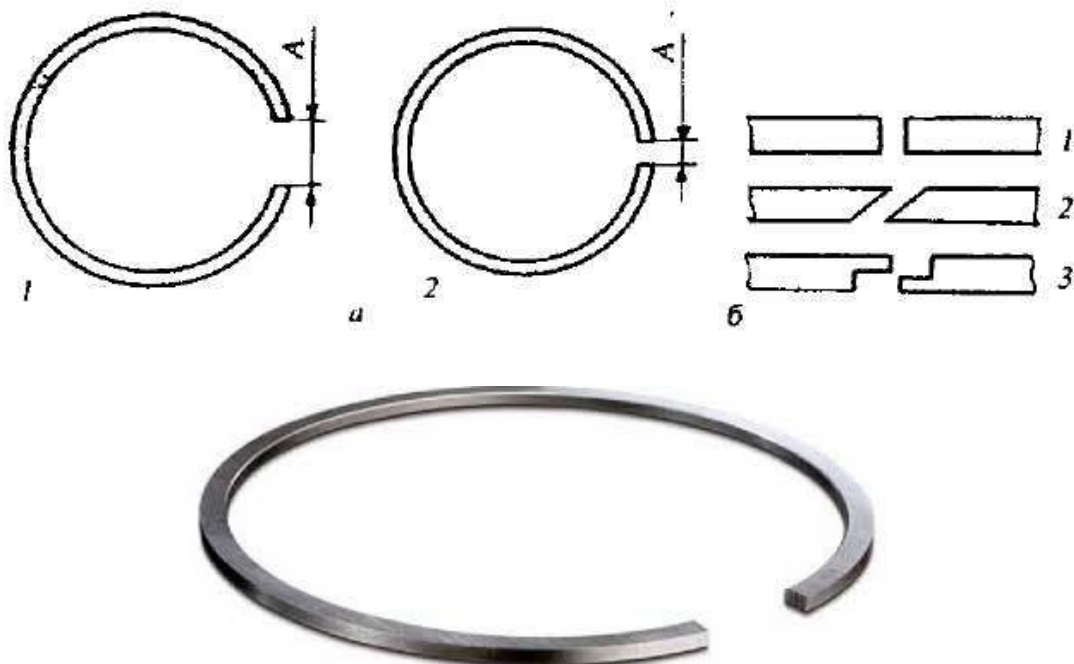
а – бочкоподібний; б – конічний; в – поперечний переріз

Рисунок 1.9 – Геометрія поршня

**Поршневі кільця.** Поршневі кільця містяться в канавках ущільнювального поясу поршня і за своїм призначенням поділяються на *компресійні* та *оливоз'ємні*.

Компресійні кільця встановлюють у верхніх канавках поршня. Вони призначені для ущільнення з'єднання поршня з циліндром. Їх наявність повинна запобігати витіканню газів з надпоршневого об'єму в картер, а також проникненню оливи в циліндр двигуна. Водночас компресійні кільця відводять теплоту від ущільнювального поясу поршня в стінки циліндра.

Кільце представляє собою деталь, зовнішній діаметр якої у вільному стані (до розміщення його в циліндрі) більший від внутрішнього діаметра циліндра (рис. 1.10 а). Для встановлення кільця у канавки поршня їх виконують розрізними. Розріз кільця А називається *замком*. При розміщенні кільця в циліндрі зазор у замку повинен становити 0,4...0,8 мм. За формою замки можуть бути прямими, косими або ступінчастими (рис. 1.10, б).



а – схема: 1 - у вільному стані; 2 - в робочому положенні; А - зазор у замку; б - форма замків: 1 - пряма; 2 - коса; 3 – ступінчаста.

Рисунок 1.10 - Поршневе кільце.

В перерізі поршневі кільця можуть мати різну форму (рис. 1.11). Верхнє кільце 1 найбільш навантажене від тиску газів, сильно нагрівається і працює при недостатньому мащенні. Воно прямокутного перерізу і притискається до дзеркала циліндра всією робочою поверхнею. Для підвищення зносостійкості зовнішню поверхню покривають тонким пористим шаром хрому або молібдену. Хром стійкий проти стирання, а його пори заповнюються оливою. Кільце 2 також прямокутного перерізу, але з внутрішньою виточкою або фаскою.

При встановленні в циліндр кільце розжимається і притискається до дзеркала циліндру нижньою кромкою.



Рисунок 1.11 – Схеми поршневих кілець

Оливоз'ємні кільця призначені для видалення надлишків оливи зі стінки циліндра.

Оливоземні кільця конструктивно бувають *коробчастого* або *збірного* типу.

Чавунні оливоз'ємні кільця коробчастого типу мають на циліндричній робочій поверхні кільцеву проточку з довгими щілинами (рідше - з круглими отворами), крізь які олива відводиться по радіальних каналах поршня в картер.

Інколи в канавку поршня встановлюють два тонких кільця скребкового типу. Їх дія порівняно з кільцями коробчастого типу ефективніша, оскільки кожний окремий скребок краще прилаштовується до нерівностей циліндра.



а – звичайне; б – із спіральним розширювачем.

Рисунок 1.12 - Коробчасті оливоз'ємні кільця.



1 - сталеві кільцеві сегменти; 2 - осьовий розширювач; 3 - радіальний розширювач

Рисунок 1.13 - Збірні оливоз'ємні кільця

Збірні оливоз'ємні кільця (рис. 1.13) представляють собою два сталевих кільцевих сегменти з осьовим і радіальним пружинними розширювачами. Осьовий



розширювач, розміщений між сегментами, притискає їх до бічних канавок поршня. Радіальний розширювач притискає сегменти до стінок циліндра.

**Поршневий палець.** Поршневий палець призначений для шарнірного з'єднання поршня з шатуном і передавання зусиль від поршня до шатуна. Поршневий палець повинен бути міцним, жорстким, зносостійким і достатньо легким. Тому, поршневі пальці виготовляють з сталі (15, 20, 45, 15X, 40X та ін.) у вигляді товстостінної втулки, довжина якої трохи менша за діаметр циліндра. Для збільшення зносостійкості зовнішню поверхню пальця на глибину 1,0...1,5 мм цементують або загартовують струмом високої частоти (HRC 55...60). Зовнішній діаметр пальця ретельно шліфують і полірують.

За способом з'єднання з шатуном поршневі пальці можуть бути плаваючими і закріпленими у верхній головці шатуна та бобищі поршня (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 - Поршневі пальці:

а – поршневий палець; б – плаваючий палець (з фіксацією стопорним кільцем).

Осьову фіксацію плаваючого пальця здійснюють за допомогою стопорних кілець.

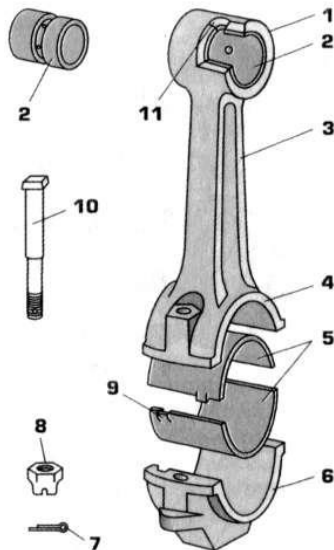
У більшості двигунів поршневий палець змащується самопливом крізь отвір, виконаний зверху в поршневій головці шатуна. У форсованих двигунах олива для мащення з'єднання подається примусово через канал, виконаний у стрижні шатуна.

**Шатуни.** Шатун з'єднує поршень з колінчастим валом та складається з таких елементів: верхньої та нижньої головок; стержня; втулки верхньої головки; кришки нижньої головки і деталей кріплення (рис. 1.15).

Шатуни виготовляють ковкою у штампах з подальшою термічною й механічною обробкою зі сталей марок 40, 45, 45Г2, 40ХН, 30ХМА.

Верхні (поршневі) головки шатунів мають нероз'ємну конструкцію. Більшість двигунів мають верхню головку круглої форми, але інколи – овальну.

Зверху в поршневій головці виконаний отвір для підведення оливи до поршневого пальця. У деяких двигунах з примусовим подаванням оливи для мащення поршневого пальця частина оливи вибризкується крізь цей отвір на внутрішню поверхню днища поршня для його охолодження.



1 – верхня головка; 2,11 – втулка верхньої головки; 3 – стержень; 4 – нижня головка; 5, 9 – шатунний вкладиш; 6 – кришка нижньої головки шатуна; 7 – шплінт; 8 – гайка; 10 – шатунний болт;

Рисунок 1.15 – Шатун

Нижню (кривошипну) головку шатуна для з'єднання з колінчастим валом виконують роз'ємною.

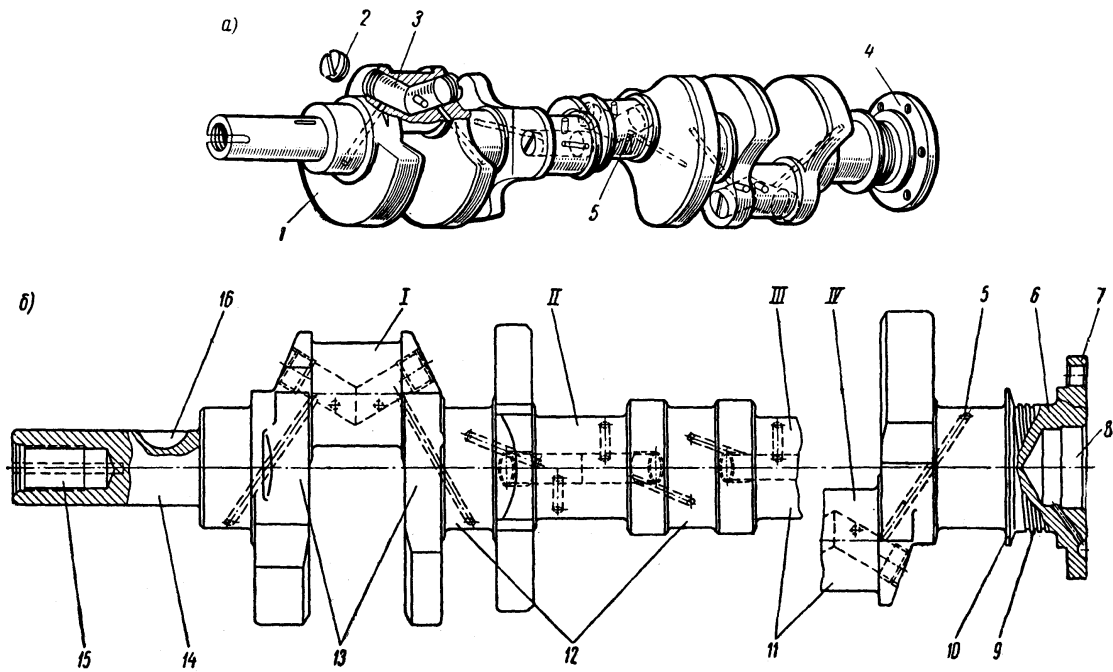
Як правило, площина роз'єму кривошипної головки перпендикулярна до осі стержня шатуна (прямий роз'єм). У двигунів зі збільшеним діаметром шатунної шийки колінчастого вала роз'єм головки виконаний під кутом до осі стержня. Це забезпечує можливість монтажу і демонтажу шатуна через відносно невеликий за діаметром циліндр.

Шатунний підшипник виконаний у вигляді двох півкілець - вкладишів 8 (рис. 1.18), розміщених у розточках кривошипної головки шатуна.

Кришки кріплять до шатуна або закладними болтами з гайками, або болтами, вгвинченими в тіло шатуна. Перший спосіб кріплення використовують у шатунах з прямим роз'ємом, другий - з косим. Гайки закладних болтів стопоряться шплінтами, а вгвинчені болти - стопорними шайбами.

**Колінчастий вал.** Колінчастий вал сприймає зусилля від поршнів через шатуни і передає їх трансмісії, а також приводить у дію різні механізми двигуна.

Колінчастий вал (рис. 1.16) складається з таких основних елементів: корінних (опорних) шийок, розміщених по осі обертання колінчастого вала, шатунних шийок, щік, що з'єднують корінні й шатунні шийки та противаг. Вузол, який складається з двох сусідніх опор і шатунної шийки, з'єднаної з ними щоками, називається кривошипом.



1 – противага; 2 – пробка; 3 – брудоуловлюючі порожнини; 4 – отвори; 5 – свердлення; 6 – хвостовик; 7 – фланець; 8 – гніздо під підшипник; 9 – оливовідгонна нарізка; 10 – оливовідбивний буртик; 11 – шатунні шийки; 12 – корінні шийки; 13 – щоки; 14 – носок; 15 – різьбовий отвір.

Рисунок 1.16 - Колінчастий вал:



Рисунок 1.17 - Колінчастий вал двигуна Д-240 (трактор МТЗ-80)

Хвостовиком називають задню частину вала, яка в двигунах звичайно закінчується фланцем, який має отвори для кріплення маховика. В торці хвостовика розточують гніздо під опорний підшипник первинного вала коробки передач роблять гладку шийку під ущільнюючий сальник.

Носком називають передню частину вала, на якій встановлюються: шестерня привода газорозподілення, оливовідбивник та шків вентилятора.

Взаємне розміщення кривошипів колінчастого вала (кут розвалу кривошипів) повинне забезпечувати найбільшу рівномірність частоти обертання колінчастого вала, тобто рівномірне чергування робочих ходів у циліндрах; рівномірне

навантаження частин колінчастого вала (циліндри, що працюють послідовно, не повинні бути суміжними); найкращу зрівноваженість двигуна.

Кут розвалу кривошипів колінчастого вала визначається як інтервал повторення робочих ходів за кутом повороту колінчастого вала. Для чотиритактного чотирициліндрового двигуна кут розвалу кривошипів становить  $180^\circ$ , а для шестициліндрового  $120^\circ$ .

В однорядних двигунах число шатунних шийок відповідає числу циліндрів. При V - подібному розміщенні циліндрів, коли на одній шийці розміщено два шатуни, кількість шатунних шийок вдвічі менша, ніж число циліндрів.

Колінчасті вали виготовляють методом кування або відливання з середньовуглецевих сталей марок 45, 45А, 45Г2, 50Г; легованих сталей 45ХН, 40ХНМА, 18ХНВА або з високоякісних чавунів.

Для підведення оливи від корінних до шатунних шийок у колінчастому валу зроблені канали. Олива подається під тиском з головної масляної магістралі двигуна спочатку до корінних опор, а після цього через зазначені канали до шатунних шийок. Для того щоб на поверхню шатунної шинки не потрапляла забруднена олива, в тілі шатунної шийки передбачена порожнина, що виконує функції відцентрового сепаратора. З торця порожнина закрита заглушкою.

**Підшипники (вкладиші) колінчастого вала.** Колінчастий вал встановлюють у картерній частині блока на корінних підшипниках, а з'єднання з шатуном досягають за допомогою шатунних підшипників.

Підшипники колінчастого вала виконані у вигляді двох півкілець – *вкладишів* (рис. 1.18), один з яких, для корінних опор, розміщений у розточці (постелі) бутеля блока, а інший - у постелі кришки корінного підшипника.



Рисунок 1.18 - Підшипники колінчастого вала (вкладиші).

Вкладиші виготовляють зі сталеві біметалевої стрічки завтовшки 1...3 мм, на робочу поверхню якої нанесений шар антифрикційного матеріалу завтовшки 0,4...0,9 мм. Для підвищення надійності і довговічності вкладиші інколи виконують триметалевими: сталеві стрічка завтовшки 1,5...1,7 мм, мідно-нікелевий підшар - 0,25...0,45 мм і антифрикційний шар - 0,15...0,35 мм.

Як матеріал для антифрикційного шару зазвичай використовують сплави на основі алюмінію.

Вкладиші, вкриті шаром алюмінієвого сплаву, для поліпшення припрацювання покривають гальванічним способом - тонким, до 0,004 мм, шаром олов'янистої бронзи.

**Маховик.** Маховик представляє собою масивний металевий диск, закріплений на фланці хвостовика колінчастого вала. Основне призначення маховика - за рахунок накопиченої під час обертання кінетичної енергії забезпечити необхідну рівномірність частоти обертання колінчастого вала та здійснення допоміжних ходів поршня.

На ободі маховика напресовано зубчастий вінець, призначений для обертання колінчастого вала електростартером або пусковим двигуном. До маховика кріпиться муфта зчеплення, і зовнішня торцева поверхня маховика використовується як ведуча поверхня тертя муфти.



Рисунок 1.19 - Маховик двигуна

#### 4. Порядок виконання роботи

В ході виконання роботи необхідно ознайомитись із загальною будовою, компонуванням та характеристиками кривошипно-шатунних механізмів автотракторних двигунів та дати відповіді на контрольні запитання до роботи.

Після ознайомлення з теоретичною частиною, плакатами, загальними видами та розрізами двигунів студент повинен виконати та представити до захисту звіт з проведеної роботи.

#### 5. Зміст звіту та порядок захисту роботи

В звіті по роботі необхідно:

На підставі завдання, виданого викладачем:

- дати коротку характеристику кривошипно-шатунного механізму двигуна, в якій слід відобразити характерні особливості конструкції його основних деталей:

1) блок - картер (число та розташування циліндрів, при наявності змінних «мокрих» гільз – спосіб їх установки, місце розташування розподільчого валу, матеріал, з якого виготовлено блок-картер тощо);

2) головка циліндрів (форма камери згоряння, спосіб закріплення головки до блок-картера, місце установки свічок запалювання або форсунок, матеріал, з якого виготовлена головка);

3) гільза (спосіб установки гільзи циліндрів в блок-картері, характеристика



конструктивних особливостей дзеркала циліндрів, матеріал з якого виготовлена гільза);

4) поршень (число канавок під компресійні та оливоз'ємні кільця; форма днища; елементи, що зменшують підведення теплоти до напрямного пояса; матеріал, з якого виготовлено поршень);

5) поршневий палець (спосіб фіксації; форма; матеріал, з якого виготовлено палець);

6) кільця (число компресійних та оливоз'ємних кілець; форма перерізу компресійних кілець; форма замка компресійних кілець; особливості конструкції оливоз'ємних кілець; матеріал, з якого виготовлені кільця);

7) шатун (особливості конструкції верхньої головки шатуна, профілі стержня шатуна, особливості роз'єму нижньої головки шатуна, спосіб кріплення кришки нижньої головки шатуна, матеріал, з якого виготовлено шатун);

8) колінчастий вал (число корінних та шатунних шийок, конструкція противаги, характеристика колінчастого валу по співвідношенню корінних та шатунних шийок, спосіб підведення мастила до шатунних шийок, кут розташування кривошипів колінчастого вала, матеріал, з якого виготовлено колінчастий вал).

При захисті роботи необхідно представити на перевірку виконаний звіт і відповісти на поставлені викладачем контрольні питання.

## **6. Контрольні питання**

1. З яких деталей складається кривошипно-шатунний механізм?
2. Призначення кривошипно-шатунних механізмів.
3. Особливості конструкції циліндра двигуна.
4. Особливості конструкції поршня двигуна.
5. Характеристика колінчастого валу двигуна за кількістю опор та величиною кута між шатунними шийками.
6. Які застосовують типи компресійних та оливоз'ємних кілець?
7. Способи обмеження осьового зміщення колінчастих валів двигунів.
8. Конструктивні особливості поршневих пальців двигунів.
9. Характеристика шатунів двигуна.
10. Характеристика підшипників колінчастого валу двигунів.
11. Призначення прокладки головки циліндра.
12. Для чого потрібний зазор між циліндром і поршнем?
13. Чим відрізняється верхнє компресійне кільце від інших кілець?
14. Якою має бути посадка поршневого пальця в бобишках поршня?
15. Чим утримується вкладиш від повороту та повздовжнього зміщення?
16. Сплави, з яких виготовляють підшипники колінчастого валу.
17. Яку форму має камера згоряння дизельного двигуна?
18. Чому днище поршня за діаметром менш юбки?

## Практичне заняття №2

### Газорозподільний механізм автотракторного двигуна

#### 1. Мета роботи

В результаті виконання роботи необхідно вивчити загальну будову механізму газорозподілу автотракторних двигунів, ознайомитись із загальною конструкцією, компоновкою та короткими характеристиками деталей та механізмів газорозподілення двигунів тракторів і автомобілів.

#### 2. Обладнання робочого місця

Навчально-методична література, плакати, розрізи двигунів тракторів та автомобілів.

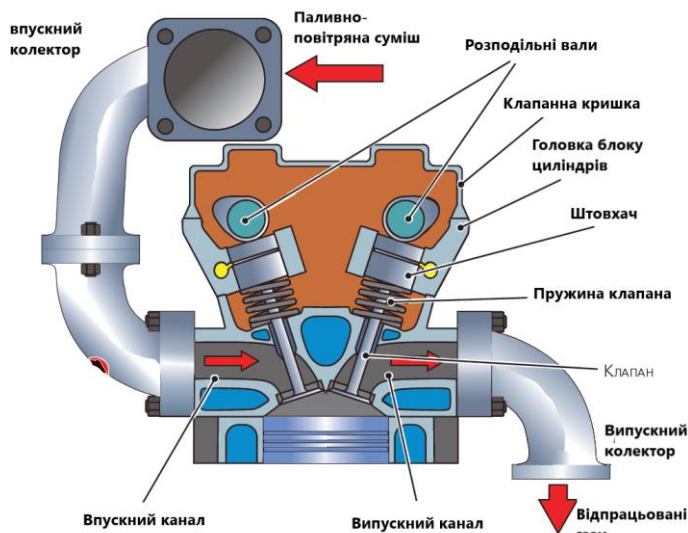
#### 3. Короткі теоретичні відомості

**Загальні положення.** Механізм газорозподілення (ГРМ) призначений для керування процесами газообміну в двигуні: впускання повітря або паливо повітряної суміші, наповнення циліндрів, очищення та випуск відпрацьованих газів.

Механізм газорозподілення представляє собою сукупність деталей, яке здійснює газообмін у двигуні, тобто очищення робочої порожнини циліндра від продуктів згоряння та наповнення його свіжим зарядом.

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

За розміщення розподільних валів ГРМ класифікують – на механізми з *нижнім* розміщення розподільного валу, коли він встановлюється в блоці циліндрів та *верхнім* розміщенням – розподільний вал встановлюється в головці блоку циліндрів (рис. 2.1).



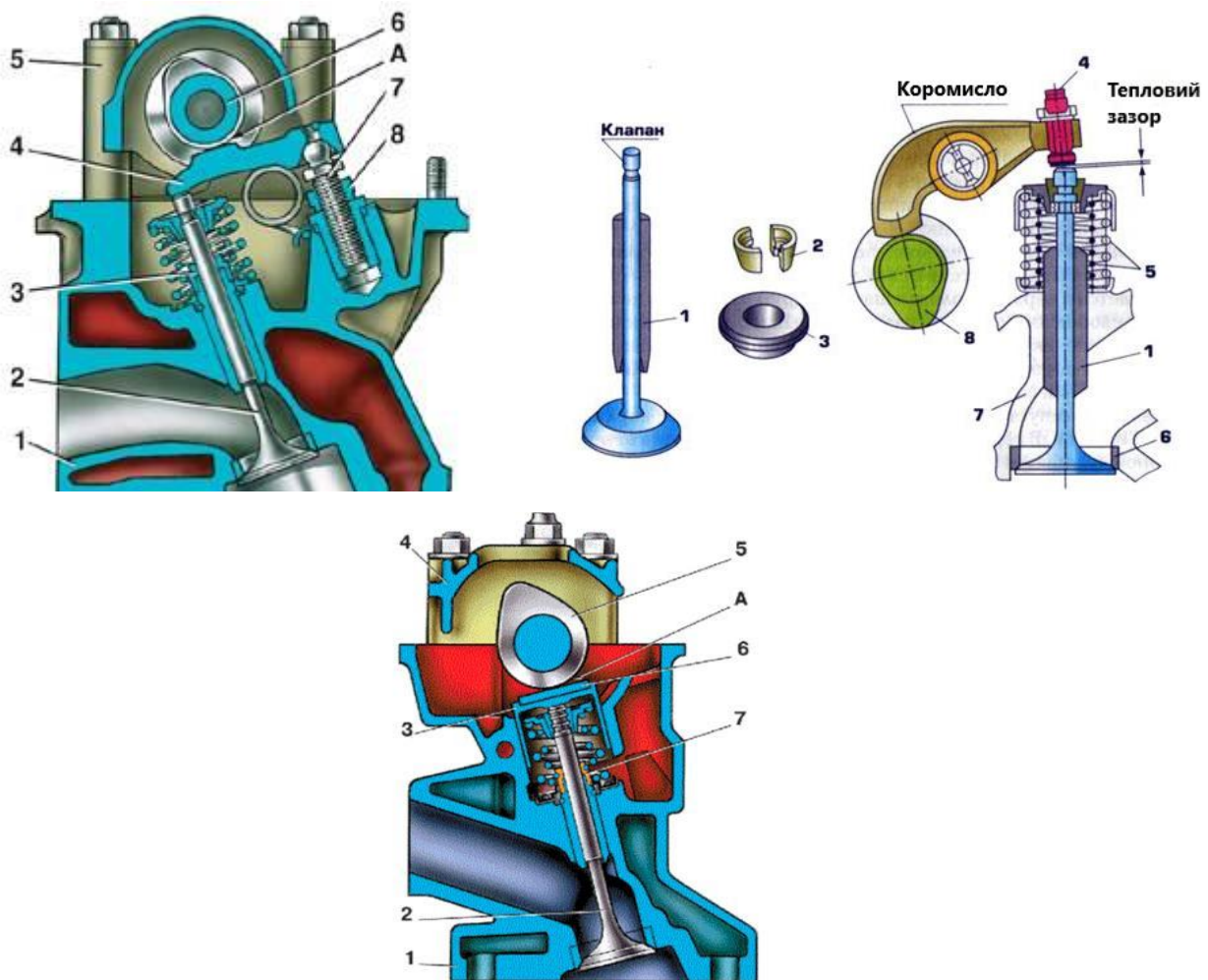
а) верхнє; б) нижнє

Рисунок 2.1 - Механізми ГРМ за розташуванням розподільного валу

Верхнє розміщення розподільчого вала внаслідок незначної інерційності механізму приводу дає змогу працювати двигуну з частотою обертання колінчастого вала до  $6000...7000 \text{ хв}^{-1}$  й знизити рівень шуму під час роботи двигуна. При цьому виключається використання штанг.

У двигунах, де кулачки 4 розподільчого вала діють на клапани 2 через одноплечі важелі (рокери) 4 (рис. 2.2, а) розподільчий вал розташований в окремому корпусі на головці 1 блока циліндрів і обертається в підшипниках ковзання. Одним кінцем одноплечий важіль спирається на стержень клапана, іншим — на сферичну головку болта 7 і утримується на ній за допомогою шпилькової пружини.

У механізмах (рис. 2.2 б) застосовують двоплечі важелі - коромисла. В таких механізмах розподільний вал передає зусилля на плече одне плече коромисла, коромисло при цьому хитається на осі, друге плече коромисла передає зусилля на клапан.



а – механізм з приводом клапанів через рокери;

1 – ГБЦ; 2 – клапан; 3 – направляюча втулка клапана; 4 – рокер; 5 – корпус розподільного вала; 6 – розподільний вал; 7 - регулювальний гвинт; 8 – контр-гайка; А – тепловий зазор.

б – механізм з приводами клапанів через коромисла;

1 – втулка; 2 – сухар; 3 – шайба; 4 – регулювальний гвинт; 5 – пружини; 6 – сидло клапана; 7 – головка циліндрів; 8 – кулачок розподільного вала.

в – механізм з приводами клапанів через штовхачі.

1 – ГБЦ; 2 – штовхачі; 3 – штовхач; 4 – корпус розподільного валу; 5 – розподільний вал; 6 – регулювальна шайба; 7 – оливовідбивний ковпачок.

Рисунок 2.2 – Конструктивні виконання механізмів газорозподілу двигунів з верхнім розташуванням розподільчого вала та клапанів автомобілів:

У двигунах, де кулачки розподільчого вала діють на клапани безпосередньо (рис. 2.2, в) розподільчий вал встановлено в окремому корпусі 4, розташованому на головці блока циліндрів 1. Клапани 2 приводяться в дію безпосередньо кулачками розподільного валу 5 через циліндричні штовхачі 3 без проміжних важелів. У гніздах штовхачів розміщено шайби 6 для регулювання зазору у клапанному механізмі.

У чотиритактних двигунах частота обертання розподільчого вала вдвічі менша від частоти обертання колінчастого вала, оскільки за два оберти останнього, впродовж яких відбувається робочий цикл, клапани в кожному циліндрі відкриваються і закриваються один раз.

При закритому клапані між його стержнем і коромислом повинен бути зазор, значення якого для різних двигунів перебуває в межах 0,2...0,5 мм. Цим забезпечується щільна посадка головки клапана в гніздо в разі подовження деталей від нагрівання. Потрібне значення зазору встановлюють регулювальним гвинтом.

**Кількість клапанів у механізмах.** Число і взаємне розміщення клапанів визначається умовами якісного протікання процесів газообміну. Автотракторні двигуни зазвичай мають механізм газорозподілу, що мають два, чотири або п'ять клапанів на один циліндр.



а)



б)

а – два клапани на циліндр; б – чотири клапани на циліндр;

Рисунок 2.3 – ГРМ з різною кількістю клапанів

**Деталі клапанного механізму.** До деталей клапанного механізму належать: розподільчий вал, штовхачі, штанги, натискні важелі й механізми, що передають обертання від колінчастого вала двигуна розподільчому валу.

**Розподільчий вал.** Розподільчий вал через відповідні деталі приводу керує роботою клапанів. Він складається з кулачків і опорних шийок (рис. 2.4).

Кожний кулачок розподільчого вала діє на один клапан - впускний або випускний. Таким чином, кількість кулачків вдвічі більша від числа циліндрів двигуна. Кулачки виконані як одне ціле з валом і розміщуються на ньому відповідно до порядку роботи циліндрів двигуна.



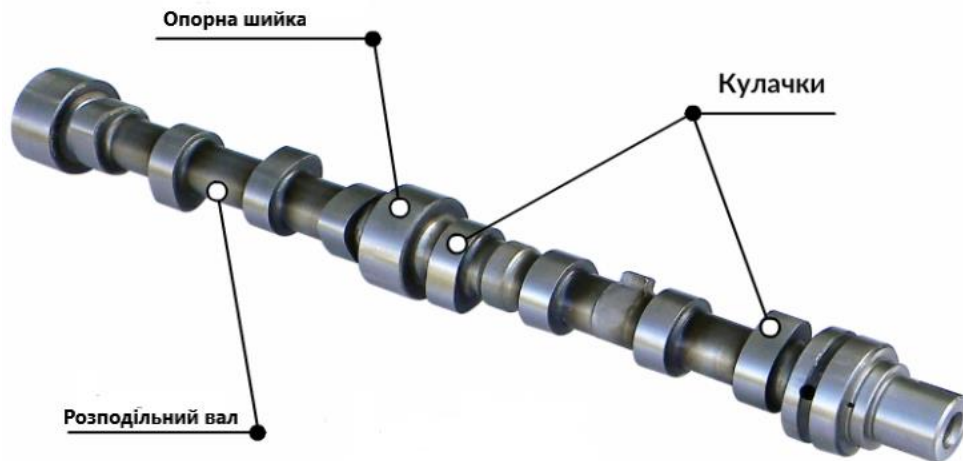


Рисунок 2.4 – Будова розподільчого валу.

У разі нижнього розміщення розподільчий вал встановлюють в розточках блока двигуна. В цьому випадку монтаж розподільчого валу здійснюють з торця блока. Для зручності монтажу валу в блоці опорні шийки та їхні втулки мають діаметри, які послідовно зменшуються. Опори валу в разі верхнього його розміщення виконують в окремому корпусі, що кріпиться зверху на головку блока.

Розподільчі вали виготовляють із вуглецевих цементованих сталей, які гартуються, або модифікованого чавуну. Кулачки, опорні шайби та ексцентрики піддають термічній обробці або поверхневому загартуванню, після чого шліфують.

**Штовхачі.** Призначення штовхача полягає в передаванні зусиль від кулачка розподільчого валу штанзі або клапану. Сприймаючи бічні навантаження від кулачків розподільчого валу, штовхачі звільняють деталі механізму газорозподілу від цих навантажень.

Залежно від конструктивних особливостей з'єднання кулачка зі штовхачем і штовхача зі штангою штовхачі можуть бути таких типів: циліндричні, роликові та гідравлічні.



а – циліндричний; б – роликовий; в – гідравлічний (гідро компенсатор)

Рисунок 2.5 – Типи штовхачів.

Найбільш поширені циліндричні штовхачі з плоским дном (рис. 2.5, а). Для зменшення маси такі штовхачі виконують пустотілими.



У деяких двигунах застосовують роликові штовхачі, в яких для надійності тертя ковзання замінили на тертя кочення. Ролик обертається на осі у голчастих підшипниках, встановлених у вилці штовхача. Зверху в штовхач запресована спеціальна п'ята зі сферичною поверхнею, на яку спирається штанга.

Штовхачі виготовляють з маловуглецевих хромонікелевих сталей або білих чавунів. Їх робочі поверхні термічно обробляють і шліфують.

**Штанги.** Штанги передають зусилля від штовхача до коромисла, тому повинні мати велику повздовжню жорсткість, високу зносостійкість робочих поверхонь і меншу масу. Вони можуть бути трубчатими, суцільними або складовими (комбінованими). Трубчаті штанги виготовляють з сталевих стержнів (рис. 2.6), в які запресовують сталеві, термічно оброблені сферичні опори. В двигунах з алюмінієвим блоком і головкою циліндрів штангу виконують з алюмінієвого сплаву.



Рисунок 2.6 - Штанги

**Коромисла та рокери.** Коромисла клапанів виконують у вигляді одно- та двоплечих важелів, які призначені для передачі зусиль до клапана безпосередньо від кулачка або від кулачка через штангу.



а)



б)

Рисунок 2.7 - Коромисло (а) та рокер (б)

Для зменшення ходу штовхача і штанги, а також зниження сил інерції сталеві штамповані коромисла виконують нерівноплечими (рис. 2.7, а). В короткому плечі є різьбовий отвір, в який вкручений регулювальний гвинт для встановлення необхідного зазору в клапанному механізмі. Цей гвинт утримується від самовідкручування контргайкою. Довге плече закінчується сферичною поверхнею (бойком), яка опирається на стержень клапана. Сферичні поверхні бойка і регулювального гвинта термічно обробляють і шліфують. Підшипниками коромисел служать бронзові або чавунні втулки.

Рокер представляє собою одноплечий важіль (рис. 2.7 б). одна сторона рокера опирається на рис. 2.2 (а), друга сторона притиснута до торця стержня

клапана. У верхній частині рокера виконано поверхню, з якою контактує кулачок розподільного валу.

Коромисла розміщують на загальному сталевій осі валику або на окремих опорних стійках. Стійки кріплять до головки циліндрів шпильками або болтами.



Рисунок 2.8 – Коромисло (а) та вісь коромисел у зборі (б).

**Клапан** складається з тарілки та стержня (рис. 2.8).



Рисунок 2.9 – Клапан.

Для щільної посадки в сидло на запірній частині клапана роблять прошлифовану фаску, яка індивідуально притирається до фаски сидла. Кут конуса фаски становить, як правило,  $45^\circ$ .

Діаметри головок впускних і випускних клапанів двигуна можуть бути однакові або діаметр головки впускного клапана для кращого наповнення циліндрів роблять більшим.

Стержень клапанів шліфують. Хвостова частина стержня пристосована для кріплення пружини до клапана. З цією метою на хвостовику стержня роблять кільцеву проточку для встановлення сухарів 7 (рис. 11). Крім того, на стержні клапана інколи роблять виточки для встановлення дротяного кільця 6, що запобігає падінню клапана в циліндр у разі від'єднання пружини від клапана. Торець стержня клапана, сполучений з натискним важелем, загартовують або закривають спеціальним захисним загартованим ковпачком.

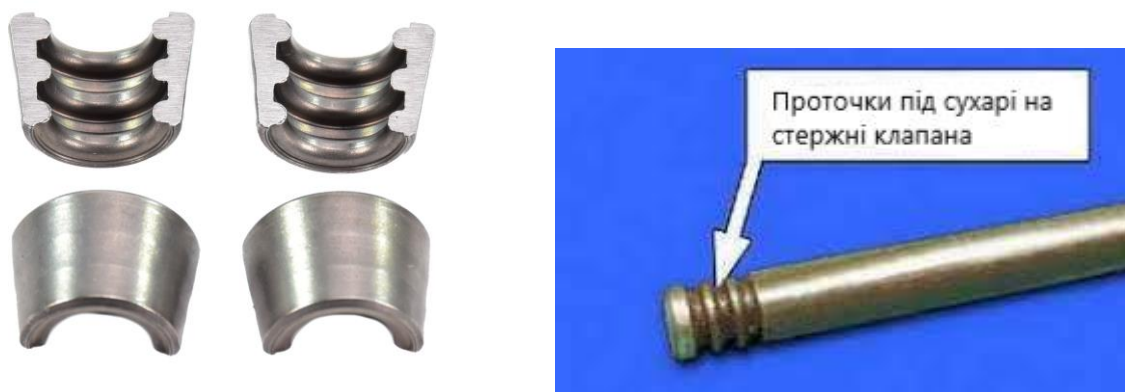
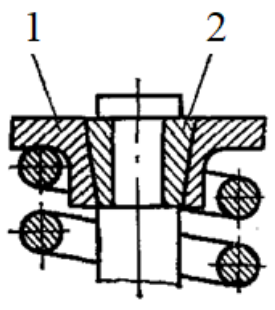


Рисунок 2.10 - Сухарі фіксації клапанів

До стержня клапана пружини кріплять за допомогою опорної тарілки 1 і конічних 2 сухарів



1 – опорна шайба пружини; 2 – конічні сухарі  
Рисунок 2.11 - Способи кріплення клапанів:

Для виготовлення впускних клапанів застосовують хромисті сталі. У деяких випадках головку впускного клапана роблять з жаротривкої сталі і електрозварюванням з'єднують її зі стержнем з хромистої сталі.

Щоб підвищити зносостійкість клапана, часто стержень хромують, а фаски головок наплавляють жаростійкими хромонікелевими сплавами.

Направляюча втулка клапана (рис. 2.12 а) центрує клапан відносно сидла і забезпечує щільну, без перекосів, посадку тарілки клапана в сидло. Її виготовляють з чавуну або металокерамічного сплаву.



Рисунок 2.12 - Направляюча втулка клапана (а) та оливовідбивні ковпачки (б).

Для зменшення проникнення оливи в камеру згоряння через зазори між втулкою і стержнем клапана застосовують оливовідбивні ковпачки (рис. 2.12 б).

*Клапанне сидло* є опорою для головки клапана. Коли клапан закритий, його фаска притискається до фаски сидла рис. 2.13 а, забезпечуючи надійне ущільнення. Клапанні сидла виконують безпосередньо в тілі головки циліндрів блока або виготовляють окремо у вигляді запресованих у неї кілець (рис. 2.13 б). Вставні кільця виробляють зі сталі або жароміцного чавуну.

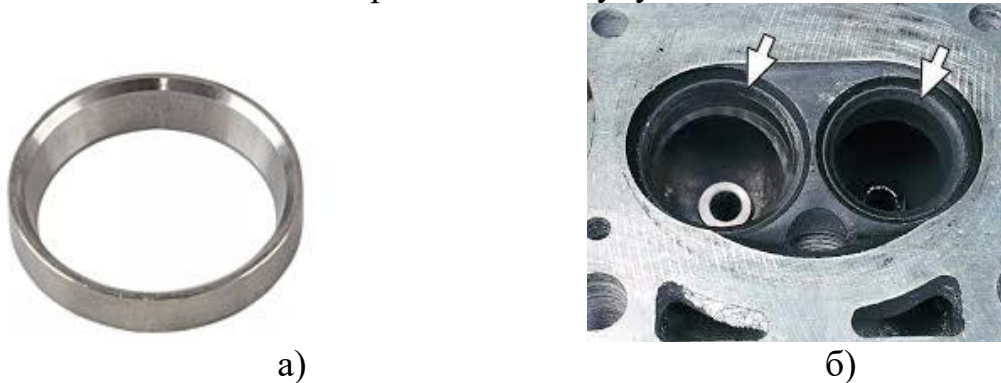


Рисунок 2.13 - Сідло клапана

*Клапанна пружина* повинна забезпечувати щільну посадку клапана у сидло і в процесі роботи механізму сталий, практично беззазоровий контакт між деталями приводу. Для цього пружина повинна бути пружною, жорсткою, виключати можливість появи у механізмі резонансних явищ.

Найпоширеніші циліндричні клапанні пружини зі сталим або змінним кроком, виготовлені з круглого дроту діаметром 3...8 мм і числом робочих витків від 5 до 14. Матеріал для виготовлення пружин - високовуглецева марганцева або хромонікелева сталь.

Для зменшення розмірів пружин, зниження напружень і отримання необхідної характеристики в більшості двигунів на кожний клапан встановлюють дві пружини, розміщені одна в одній. Навивання пружин одного комплекту виконане в різних напрямках. Це запобігає потраплянню витків однієї пружини між витками другої.

*Приводи розподільного вала.* Привод розподільчого вала здійснюється за допомогою зубчастої (рис. 2.14), ланцюгової (рис. 2.15), пасової (рис. 2.16) та комбінованої (ланцюгова та пасова) передач.

У двигунах вантажних автомобілів та тракторів застосовують переважно зубчасті передачі. Ведучу шестерню такої передачі (рис. 2.14) встановлено на передньому кінці колінчастого вала, а ведену шестерню - на передньому кінці розподільчого вала й закріплено гайкою.

Зубчасті колеса привода мають входити в зачеплення між собою при точно визначеному положенні колінчастого й розподільчого валів, що забезпечує правильність заданих фаз газорозподілу та порядку роботи двигуна. Тому під час його складання зубчасті колеса вводяться в зачеплення за мітками на їхніх зубцях (на западині між зубцями колеса та на зубі шестерні). Щоб зменшити рівень шуму, зубчасті колеса виготовляють з косими зубцями і з різних матеріалів.

Ланцюговий привід ГРМ приводиться в дію від колінчастого вала ланцюгом (рис. 2.15), що з'єднує ведучу зірочку колінчастого вала із зірочкою розподільчого вала.



В разі різкої зміни частоти обертання колінчастого вала виникають коливання гілки ланцюга. Для гасіння їх служить пластмасова колодка (заспокоювач). З протилежного боку колодки розміщується башмак натяжного пристрою. Один кінець башмака закріплено на осі, а інший — з'єднано з регулювальним механізмом, що притискає башмак до ланцюга.

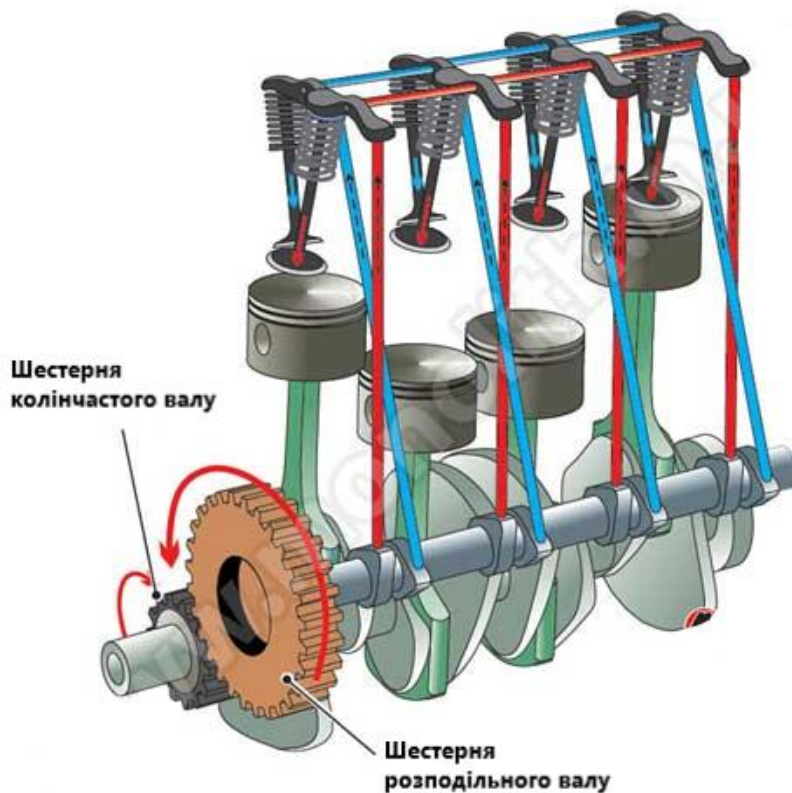
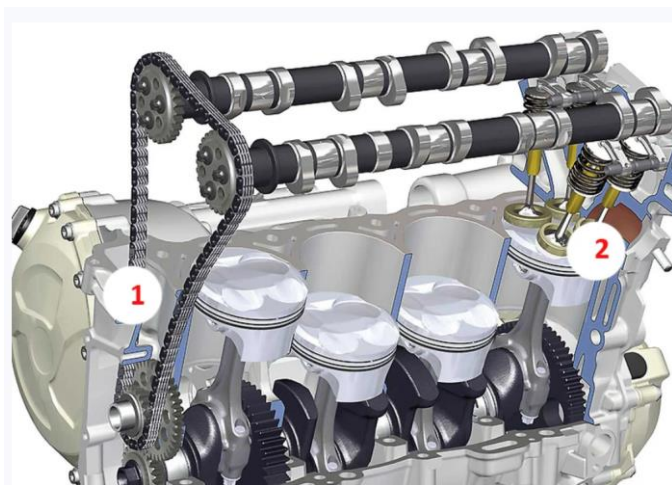
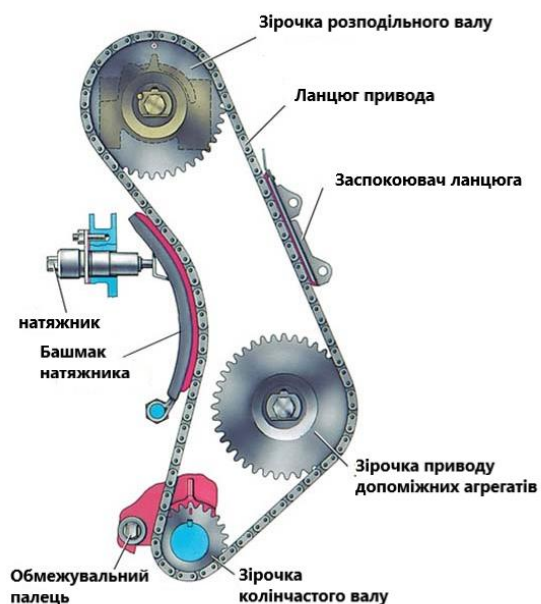


Рисунок 2.14 - Шестеренний привід розподільного валу



1 – ланцюговий привід; 2 – механізм ГРМ;

Рисунок 2.15 - Ланцюговий привід розподільного валу



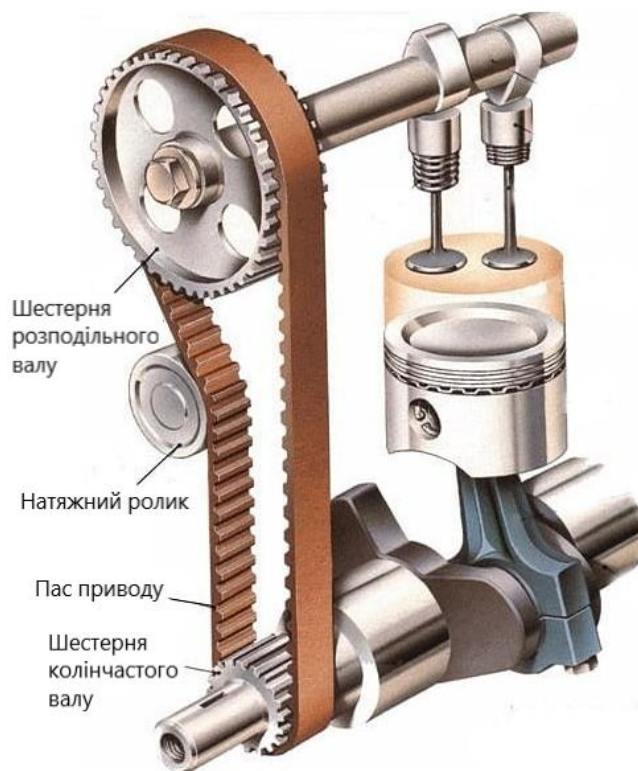


Рисунок 2.16 – Пасовий привід розподільного валу

У двигунах з пасовим приводом (рис. 2.16) механізму газорозподілу складається з двох зубчастих шківів, встановлених на колінчастому й розподільчому валах, натяжного ролика та зубчастого паса. Останнім приводиться в обертання також шків насоса охолоджуючої рідини. Головною особливістю такого привода є еластичний пас із зубцями напівкруглої форми. Його виготовляють з оливорезистентної гуми, армованої кордом із скловолокна. Зубці для підвищення стійкості проти спрацювання покриті еластичною тканиною.

В конструкції приводу обов'язково є пристрій, що дають змогу в процесі експлуатації або під час технічного огляду забезпечувати натяг ланцюга чи паса.

*Фази газорозподілу* — це моменти початку відкривання та кінця закривання клапанів, виражені в градусах кута повороту колінчастого валу відносно мертвих точок.

Моменти відкриття й закриття клапанів не збігаються з моментами перебування поршнів у мертвих точках. Це пояснюється тим, що час, який припадає на такти впускання й випускання, дуже малий (при максимальній частоті обертання колінчастого валу двигуна він становить тисячні частки секунди). Тому, якщо впускні й випускні клапани відкриватимуться й закриватимуться точно в мертвих точках, то наповнення циліндрів пальною сумішшю й очищення їх від продуктів згоряння будуть недостатніми. Отже, в чотиритактних двигунах впускний клапан має відкриватися до досягнення поршнем ВМТ, а закриватися після проходження НМТ.

Із загальної колової діаграми фаз газорозподілу (рис. 2.17) видно, що на такті випускання впускний клапан починає відкриватися з випередженням, тобто до підходу поршня у ВМТ. Закривається впускний клапан із запізненням після проходження поршнем НМТ (під час такту стискання).

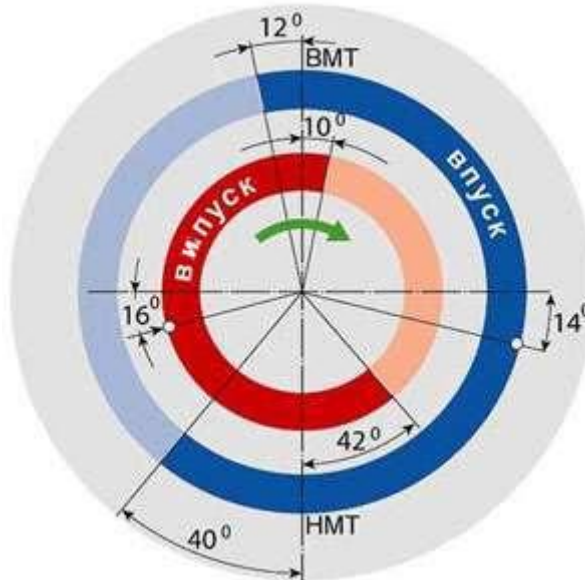


Рисунок 2.17 – Діаграми фаз газорозподілу.

Кути випередження та запізнення, а отже, й час відкривання клапанів мають бути тим більшими, чим вища частота обертання колінчастого вала, при якій двигун розвиває максимальну потужність.

Загальна колова діаграма показує, що в певний період часу відкриті обидва клапани — впускний і випускний.

Кутовий інтервал обертання колінчастого вала, при якому обидва клапани відкриті, називається *перекриттям* клапанів. Воно потрібне для своєчасного та якісного очищення циліндрів від продуктів згоряння.

З діаграми (рис. 2.17) видно, що впускний клапан відкривається за  $12^\circ$  до приходу поршня у ВМТ, а закінчує закриватися через  $40^\circ$  після НМТ. Випускний клапан закривається при  $10^\circ$  повороту колінчастого вала після ВМТ. Випускний клапан відкривається з випередженням на  $42^\circ$  до НМТ.

В разі зменшення зазору між носком коромисла й торцем клапана тривалість відкривання впускного й випускного клапанів зростає, а в разі збільшення зазору — зменшується.

#### 4. Порядок виконання роботи

В ході виконання роботи студент повинен ознайомитись із загальною будовою, компоновкою та стислими характеристиками механізмів газорозподілу найбільш поширених автотракторних двигунів та контрольними питаннями до роботи.

Після ознайомлення з теоретичною частиною, плакатами, загальними видами та розрізами двигунів студент повинен виконати та представити до захисту звіт з проведеної роботи.

#### 5. Зміст звіту та порядок захисту роботи

В звіті по роботі необхідно:

На підставі завдання, виданого викладачем дати коротку характеристику механізму газорозподілу двигуна, в якій слід відобразити призначення та характерні особливості конструкції його основних деталей:

- 1) призначення механізму газорозподілу;
- 2) тип механізму газорозподілу залежно від типу органів, за допомогою яких циліндр двигуна сполучається з атмосферою (клапанний; золотниковий; комбінований);
- 3) тип механізму газорозподілу залежно від розташування розподільчого валу та клапанів;
- 4) розподільчий вал (кількість кулачків та опорних шийок; наявність елементів приводу інших механізмів двигуна, якщо такі мають місце; спосіб обмеження осевого переміщення розподільчого валу; матеріал, з якого виготовлено розподільчий вал);
- 5) привід розподільчого валу (шестеренний, ланцюговий, пасовий; спосіб натягу ланцюга чи паса);
- 6) штовхачі (грибоподібні, циліндричні, роликові, важільно-роликові);
- 7) штанги (суцільні, пустотілі);
- 8) натискні елементи (двоплечий або одноплечий важіль; відношення плечей у важелі з двома плечами; спосіб встановлення важелів);
- 9) клапани (форма головки; спосіб кріплення пружини на клапані);
- 10) пружини (кількість пружин, що забезпечують закриття клапана, направлення витків навивки пружини; матеріал, з якого виготовлена пружина).
- 11) спосіб регулювання теплового зазору клапанного механізму (кулачок розподільчого валу - штовхач; гвинт коромисла – клапан; кулачок розподільчого валу - важіль).

При захисті роботи необхідно представити на перевірку виконаний звіт і відповісти на поставлені викладачем контрольні питання.

### **6. Контрольні питання.**

1. Яке призначення механізму газорозподілу?
2. З яких деталей складається механізм газорозподілу?
3. Що таке фази газорозподілення?
4. Переваги і недоліки газорозподільного механізму з верхнім розміщенням клапанів.
5. Що таке тепловий зазор клапанного механізму?
6. Чому теплові зазори клапанних механізмів впускних та випускних клапанів не однакові?
7. Переваги газорозподільного механізму з верхнім розміщенням розподільного валу.
8. Чому для випускних клапанів застосовують вставні гнізда?
9. Чому тарілки впускних клапанів мають більший діаметр ніж головки випускних клапанів?

## **Практичне заняття №3**

### **Система охолодження двигуна**

#### **1 Мета роботи**

Мета роботи вивчити загальну будову, принцип дії системи охолодження автотракторних двигунів та її агрегатів, ознайомитись із загальною будовою, компонованням та короткими характеристиками вузлів системи охолодження двигунів тракторів і автомобілів.

#### **2 Обладнання робочого місця**

Навчально-методична література, плакати, розрізи двигунів та агрегатів системи охолодження двигунів тракторів та автомобілів.

#### **3 Короткі теоретичні відомості**

**Загальні положення.** Система охолодження призначена для підтримання оптимального теплового режиму двигуна.

Відведення теплоти від поршневих двигунів обумовлено необхідністю підтримання визначеного температурного стану їх деталей при різних режимах та умовах роботи. В процесі згоряння робочої суміші температура в циліндрах двигуна підвищується до 1700...2500 °С, та хоча до кінця процесу (такту) випуску вона різко знижується, але все-таки залишається достатньо високою і складає біля 700...900 °С. В результаті цього деталі двигуна сильно нагріваються і не встигають охолотитися під час впуску в циліндри відносно холодного свіжого заряду. Перегрів двигуна в кращому випадку приводить до зниження наповнення циліндрів і супроводжується зниженням показників потужності та економічності.

Переохолодження двигуна також небажане, оскільки різко збільшується знос циліндрів та поршневих кілець. Помітно підвищується і в'язкість оливи, внаслідок чого збільшуються механічні втрати в двигуні, і погіршується його економічність.

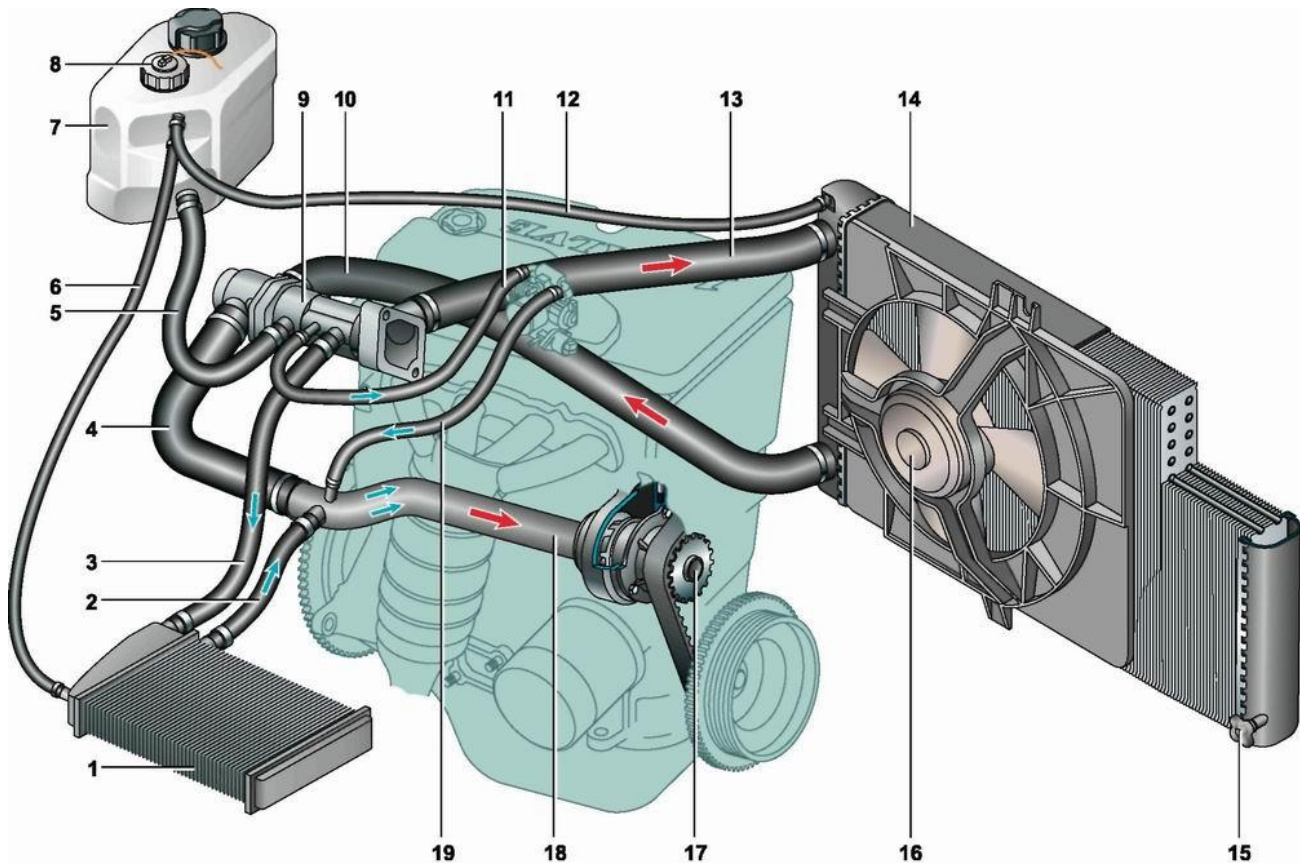
Системи охолодження поділяють на *повітряні* та *рідинні*.

В повітряній системі охолодження теплота відводиться обдуванням охолоджуваних ребер циліндрів і головок циліндрів потоком повітря.

У рідинній системі охолодження (застосовується на більшості двигунів) теплота від розігрітих деталей передається рідині, що виконує роль теплоносія, яка охолоджується в радіаторі.

Системи охолодження поглинають 25...35% теплоти, що виділяється під час згоряння палива. Температура охолоджуючої рідини, розміщеної в головці циліндрів, повинна становити 80...95 °С. Такий температурний режим є оптимальним, забезпечує нормальну роботу двигуна і не повинен змінюватися залежно від температури навколишнього середовища та навантаження двигуна.

**Рідинні системи охолодження.** Рідинні системи охолодження (рис. 3.1) сучасних автотракторних двигунів відносяться до систем з примусовою циркуляцією, тобто рідина в них переміщується примусово за допомогою насоса.



1 – радіатор опалювача салону; 2, 3 – патрубки опалювача салону; 4,5,6,10, 11, 12, 13, 18, 19 – патрубки; 7 – розширювальний бачок; 9 - термостат; 14 – радіатор; 15 – зливний кран; 16 – вентилятор; 17 – насос системи охолодження.

Рисунок 3.1 - Рідинна система охолодження

В системах з примусовою циркуляцією охолоджуючої рідини перепад температур на вході і виході рідини з радіатора звичайно складає  $6...12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що створює сприятливі умови для роботи двигуна. За допомогою термостатів, лопастей вентилятора, що керуються і інших регулюючих пристроїв в таких системах вдається підтримувати температуру рідини на виході з порожнини сорочки охолодження двигуна в бажаних межах  $80...95\text{ }^{\circ}\text{C}$  без залежності від режиму його роботи.

На теперішній час в автотракторних двигунах використовуються так звані *закриті* системи рідинного охолодження. Системи закритого типу ізолювані від навколишнього середовища. При роботі в них підтримується невеликий надлишковий тиск за допомогою клапанів, що розміщуються в розширювальному бачку або радіаторі, внаслідок чого температура кипіння антифризу підвищується до  $105...115^{\circ}\text{C}$ , тому ймовірність його закипання при важких умовах роботи двигуна різко зменшується.

В якості охолоджуючої рідини використовуються охолоджуючі рідини – так звані *антифризи*.

Рідинна система охолодження двигунів складається з: *сорочки, утвореної порожниною блока і головкою циліндрів, радіатора, рідинного насоса, вентилятора, термостата, патрубків, розширювального бачка* (рис. 3.1).



**Рідинний насос** призначений для створення напору і забезпечення примусової циркуляції рідини в системі охолодження двигуна. Двигуни тракторів і автомобілів обладнані рідинними насосами відцентрового типу.

Насос надає необхідну швидкість руху рідини в системах охолодження з примусовою циркуляцією. В автомобільних і тракторних двигунах для цієї мети застосовують компактні, прості за конструкцією одноступінчаті відцентрові насоси низького тиску з напором 0,04...0,10 МПа. Такі насоси забезпечують потрібну продуктивність при порівняно великих зазорах між робочим колесом (крильчаткою) і стінками корпусу.

Основу рідинних насосів складають: корпус, вал, крильчатка, маточина для кріплення приводного шківів і вентилятора, самопіджимний сальник, що запобігає втраті рідини з системи через насос (рис. 3.2).

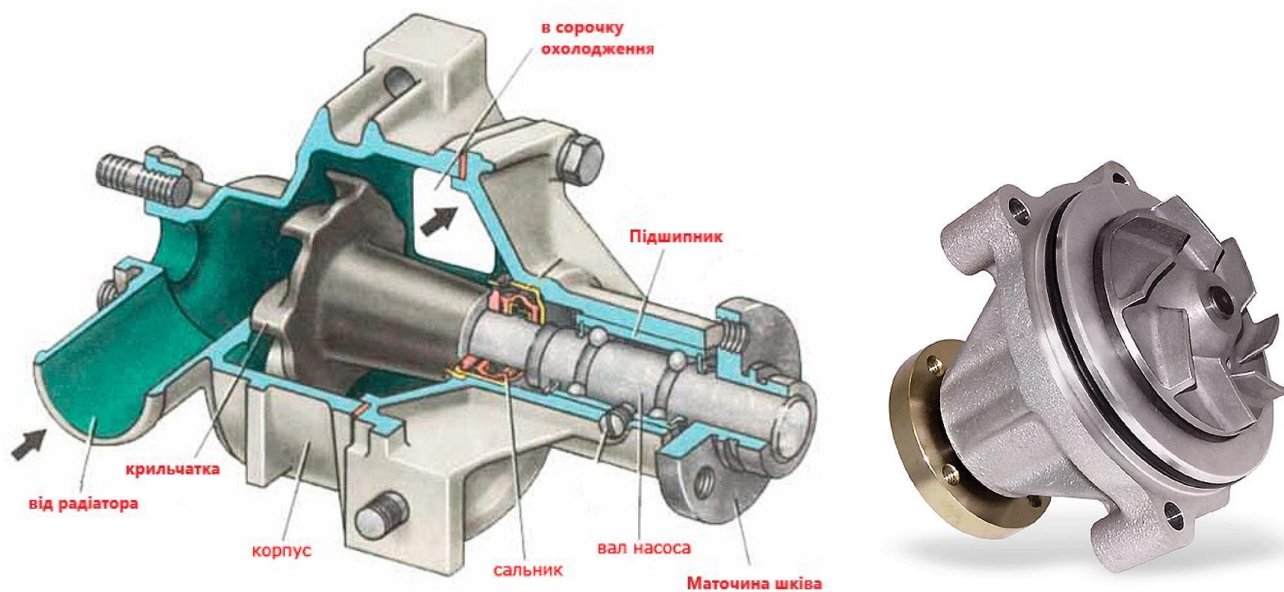


Рисунок 3.2 - Рідинний насос

Вал насоса обертається в двох кулькових підшипниках. Кінці вала виконані з лисками, мають внутрішню та зовнішню нарізки, а на тілі його зроблені дві кільцеві проточки. На один кінець вала напресовується крильчатка, а на другий – маточина.

Кулькові підшипники із зовнішньої сторони звичайно мають ущільнюючі кільця, які запобігають витіканню мастила із внутрішньої порожнини. Підшипники змащуються консистентним, тугоплавким мастилом.

Рідина, що просочилась через несправний сальник, попадає в кільцеву канавку, проточену на валу (або на спеціальний відбивач), скидається відцентровою силою з її кромки і витікає через отвір у корпусі назовні.

У більшості двигунів рідинний насос встановлюється на передню оброблену поверхню блока циліндрів або головку блока і має клинопасовий привід від колінчастого валу через шків, який закріплений на маточині.

Відцентровий насос двигуна ЯМЗ-740 має наступну будову (рис. 3.3). В литому чавунному корпусі 1 на підшипниках 4 і 5 обертається валик 12, який має на одному кінці шків 2, а на іншому — крильчатку 9. Корпус закритий спереду кришкою 3, а в задній частині має встановлені підшипники; простір герметизовано

Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support. The drawing includes a cross-section view on the left and a perspective view on the right. The cross-section view shows a profile with a central vertical slot and two side slots. The perspective view shows the part from an isometric perspective. Numbered labels 3 through 8 point to specific features: 3 points to the top surface of the central slot, 4 points to the top surface of the left side slot, 5 points to the top surface of the right side slot, 6 points to the top surface of the main body, 7 points to the top surface of the main body, and 8 points to the bottom surface of the main body.

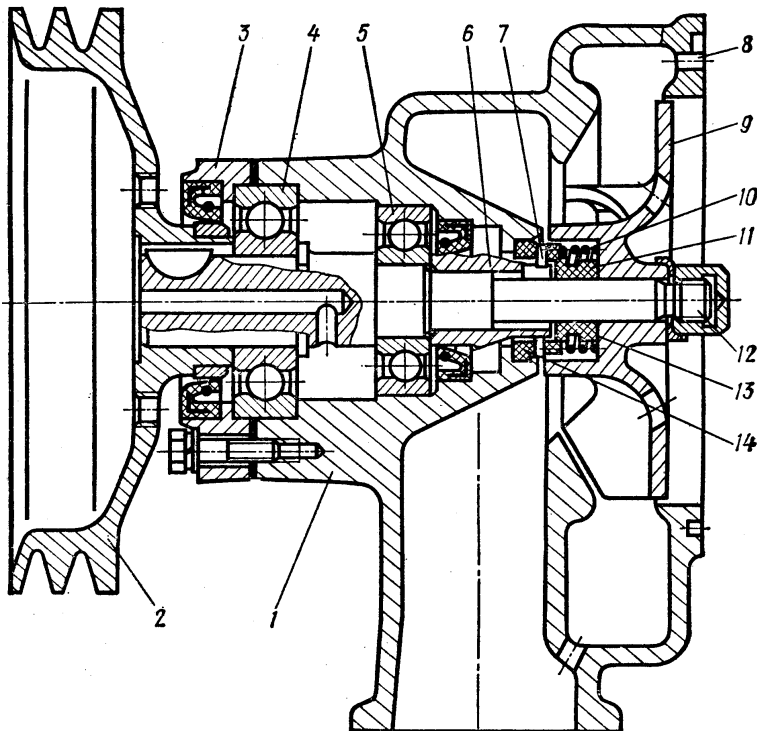


Рисунок 3.3 - Відцентровий насос двигуна ЯМЗ-740:

1 - корпус; 2 - шків; 3 - кришка; 4 і 5 – кулькові підшипники; 6 - втулка; 7 і 14 - кільця; 8 - отвір для виходу повітря; 9 - крильчатка; 10 – пружина; 11 - манжета; 12 - валик; 13 - обойма манжети

**Радіатор** (рис. 3.4) призначений для охолодження рідини, нагрітої в сорочці охолодження двигуна. Радіатор складається з серцевини і бачків.

Бачки можуть мати бокове виконання або бути зверху та знизу.



### Рисунок 3.4 - Радіатор двигуна

З боків серцевину радіатора закривають сталевими боковинами, до яких з боку двигуна кріплять дифузор. Останній є захисним кожухом вентилятора і сприяє підвищенню ефективності його роботи.

Заливну горловину верхнього бачка (при наявності такої) закривають кришкою з вмонтованими у ній клапанами, що забезпечуть робочий тиск в системі охолодження.

Основні деталі радіаторів звичайно виготовляють з алюмінію або латуні і скріплюють між собою методом пайки.

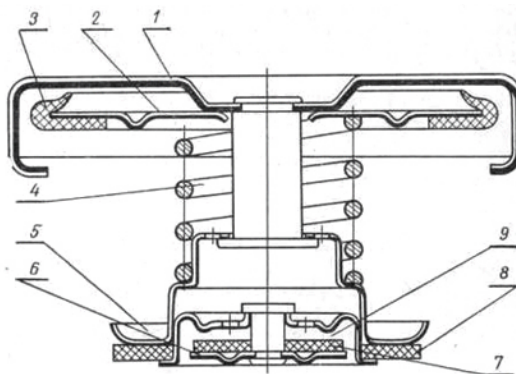
**Пробки заливної горловини радіаторів** або розширювального бачка в закритих системах рідинного охолодження виконують герметичними з двома клапанами: випускним і впускним (рис. 3.5, 3.6).

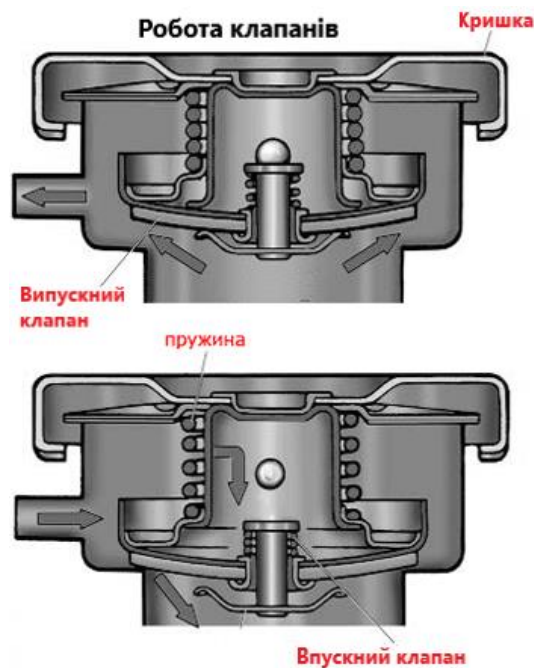
Підвищення тиску внаслідок нагрівання рідини або розрідження в системі, що може виникнути після зупинки двигуна та охолодження рідини, може привести до руйнування системи охолодження, тому тиск в системі охолодження регулюється клапанами, що розміщуються у кришці розширювального бачка або радіатора.

Випускний клапан (рис. 3.6), що ущільнюється гумовою прокладкою 8, відкривається тільки для випуску рідини з системи в розширювальний бачок, якщо його тиск перебільшує граничні межі. Впускний клапан, який має ущільнюючу прокладку 7, пропускає в радіатор рідину з розширювального бачка, коли при охолодженні двигуна в системі виникає розрідження.



Рисунок 3.5 - Кришки пробки радіатора та розширювального бачка





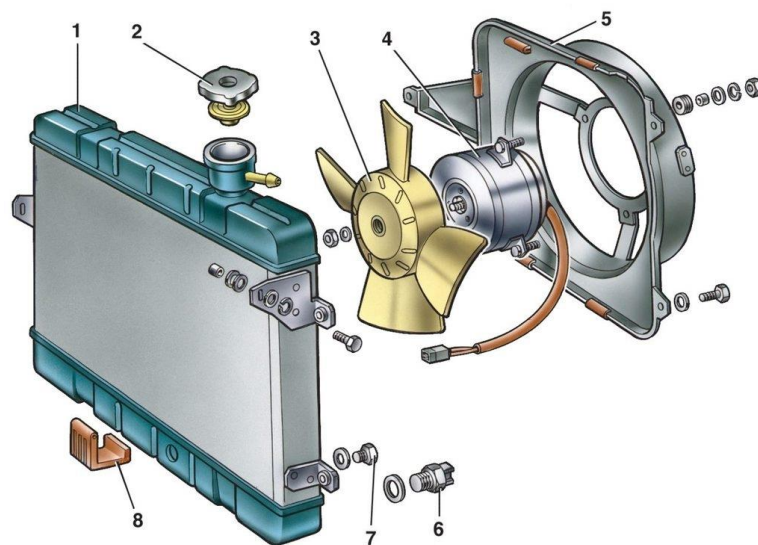
1 – кришка пробки; 2 – пружина кришки; 3 – прокладка кришки; 4 – пружина випускного клапана; 5 – випускний клапан; 6 – впускний клапан; 7 – прокладка впускного клапана; 8 – прокладка випускного клапана; 9 – кільцева щілина впускного клапана;

Рисунок 3.6 – Схема роботи клапанів системи охолодження

Значення тисків спрацьовування клапанів в кожному двигуні відрізняється, його встановлює підприємство виробник. Наприклад, тиск початку відкриття випускного клапана не менше 110 кПа (1,1 кгс/см<sup>2</sup>), впускного – 3–13 кПа (0,03–0,13 кгс/см<sup>2</sup>).

**Вентилятор** призначений для створення повітряного потоку, який обдуває сердцевину радіатора і охолоджує зовнішні поверхні двигуна (рис. 3. 7).

Привід вентилятора може здійснюватися від *електродвигуна, гідromуфти або вісcomуфти, через пасову або шестеренну передачу.*



1 – радіатор; 2 – кришка радіатора; 3 – крильчатка вентилятора; 4 – електричний двигун вентилятора; 5 – дифузор; 6 – зливна пробка; 7 – болти кріплення.

Рисунок 3.7 – Радіатор та вентилятор системи охолодження



На радіатор може бути встановлено один або два вентилятори. В разі наявності двох вентиляторів, вони включаються послідовно залежно від температури охолоджуючої рідини.

Для двигунів застосовують вентилятори з двома, чотирма, п'ятьма, шістьма і навіть вісьма лопатями залежно від потужності та призначення двигуна.

Застосовуються крильчатки з штампованими з листової сталі, і литі з алюмінієвих сплавів або пластмас лопатями.

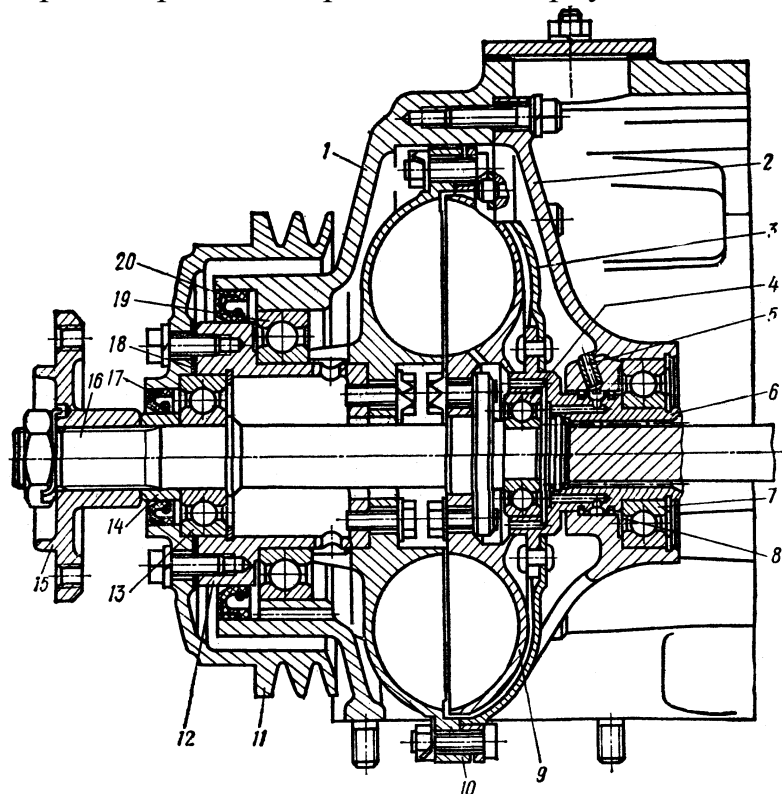
Продуктивність вентилятора та потужність, що ним споживається, при заданих розмірах і числі лопатей в основному залежать від швидкості обертання його вала і кута нахилу лопатей. В існуючих конструкціях кут нахилу лопатей складає приблизно  $35...40^\circ$ .

Щоб підвищити ефективність вентилятора застосовують метод, заснований на відключенні лопатей вентилятора за допомогою автоматичних муфт, а також ступінчасту зміну частоти обертання вентиляторів з електричним приводом.

**Муфти приводу вентилятора** передають крутний момент від колінчастого вала двигуна до вентилятора і змінюють частоту обертання вентилятора залежно від температури охолоджувальної рідини.

В системах охолодження можуть використовуватися *гідромуфти та віскомуфти*.

Гідромуфта (рис. 3.8) складається з ведучої і веденої частин, розташованих в порожнині, яка утворена передньою кришкою 1 і корпусом 2.



- 1 - кришка; 2 - корпус підшипника; 3 - кожух; 4, 7, 13 і 19 – кулькові підшипники; 5 - трубка корпуса підшипника; 6 - ведучий вал; 8 - ущільнююче кільце; 9 - ведене колесо; 10 - ведуче колесо; 11 - шків; 12 - вал шківів; 14 - упорна втулка; 15 - маточина вентилятора; 16 - ведений вал; 17 і 20 - манжети; 18 - прокладка

Рисунок 3.8 - Гідромуфта приводу вентилятора.



Ведуча частина гідромуфти складається з ведучого колеса 10 в зборі з кожухом 3 і ведучого вала 6; крім того, з нею з'єднані вал 12 зі шківом 11, який використовується для приводу вентилятора, якщо він розміщується окремо.

Ведена частина гідромуфти складається з веденого колеса 9, з'єданого з веденим валом 16, на якому сидить маточина 15 вентилятора.

Внутрішні поверхні ведучого і веденого коліс мають лопатки. Порожнина між лопатками заповнена оливою, яка подається з системи мащення двигуна. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала збільшується кількість оливи, яка відкидається лопатками ведучого колеса на лопатки веденого. При цьому швидкість обертання вентилятора збільшується.

*Вмикач гідромуфти* - золотникового типу, розташований на патрубку, який підводить охолоджуючу рідину в сорочку двигуна, служить для керування роботою гідромуфти. В нього входить термосиловий елемент, заповнений активною масою, яка плавиться із збільшенням температури охолоджуючої рідини. Коли температура рідини підвищиться до 80...95°C, об'єм активної маси настільки збільшиться, що шток, який знаходиться під її дією, перемістить золотник вмикача і відкриє прохід для оливи від насоса двигуна в порожнину гідромуфти. Заповнення порожнини гідромуфти оливою забезпечує передачу обертання від ведучого колеса до веденого. Ведене колесо муфти збільшує частоту свого обертання, а разом з цим збільшується і частота обертання вентилятора. Це збільшення протікає дуже плавно, і вентилятор рівномірно збільшує швидкість повітря, що омиває трубки радіатора. Із зменшенням подачі оливи в порожнину гідромуфти її об'єм становиться недостатнім для передачі обертання між колесами гідромуфти, оскільки з її порожнини масла відкритий прохід для стікання в картер двигуна. При повному припиненні подачі оливи в порожнину гідромуфти вона перестає передавати обертання вентилятору.

В деяких двигунах використовують вісомуфти (рис. 3.9).

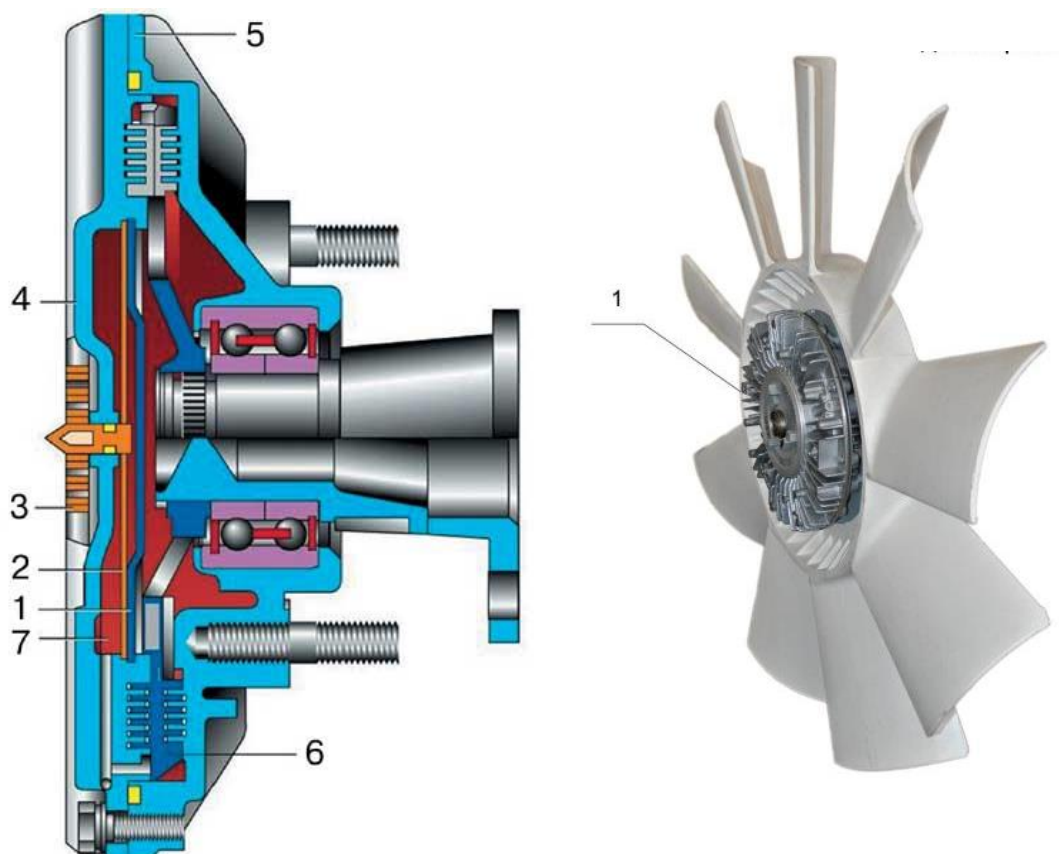


Рисунок 3.9 - Віскомуфта

Вал віскомуфти жорстко кріпиться на шківі помпи. На валу запресований підшипник і ведучий диск 6. На ведучому диску є канавки збільшення площі робочої поверхні. Такі канавки є на корпусі підшипника 5 і кришці віскомуфти 4.

Зовні передньої кришки корпусу знаходиться біметалічна спіраль 3, яка під дією нагрівання, переміщає пластину 2, відкриваючи та закриваючи випускні отвори в кришці внутрішнього резервуара 1.

Робота віскомуфти відбувається наступним чином.

*Двигун зупинений.* Поступово олива збирається у нижній частині віскомуфти. При запуску двигуна і початку обертання приводу вентилятора, під дією відцентрової силою олива швидко витісняється, спочатку по зовнішньому радіусу ведучого диска 6, а потім звідти по спеціальним свердленим каналам, у внутрішній резервуар віскомуфти 7. оскільки швидкість обертання самої віскомуфти набагато менше, ніж ведучого диска. Передача зусилля через рідину зменшується, а частота обертання вентилятора стає значно нижчою від частоти обертання ведучого диска.

*Двигун працює.* Поступово гаряче повітря від радіатора нагріває біметалічний датчик 3, змушуючи його повернути запірну пластину 2 і відкрити отвори в кришці внутрішнього резервуара. Олива, що видавлюється відцентровою силою з отворів, що утворилися в кришці резервуара, потрапляє на канавки робочої поверхні провідного диска, корпусу підшипника і кришки віскомуфти.

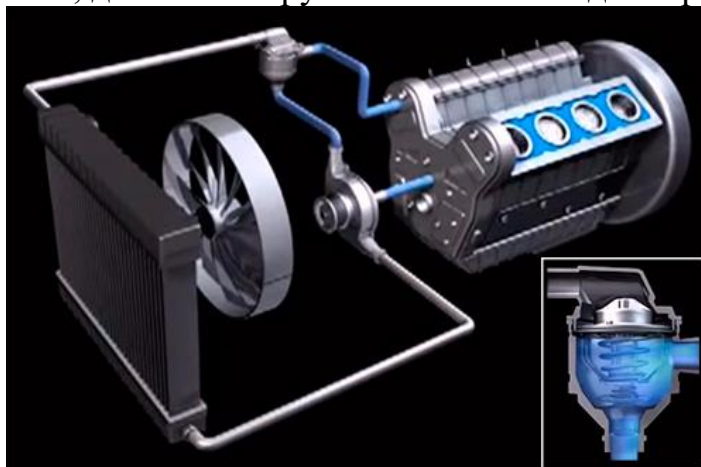
"В'язке тертя" між ними зростає, а різниця в частоті обертання зменшується. Чим більше нагрівання, тим більше повертається запірна пластина, тим більше оливи проходить весь цей безперервний замкнутий цикл, і тим активніше обертається вентилятор.

**Термостат** призначений для автоматичного підтримання температури охолоджуючої рідини в певних межах протягом усього часу роботи двигуна, а також для скорочення тривалості прогрівання двигуна після пуску.

Система охолодження двигуна розділена на два кола, якими може циркулювати холодоагент: *мале і велике*.

Термостат встановлюють на виході з порожнини сорочки охолодження двигуна на шляху руху рідини в радіатор.

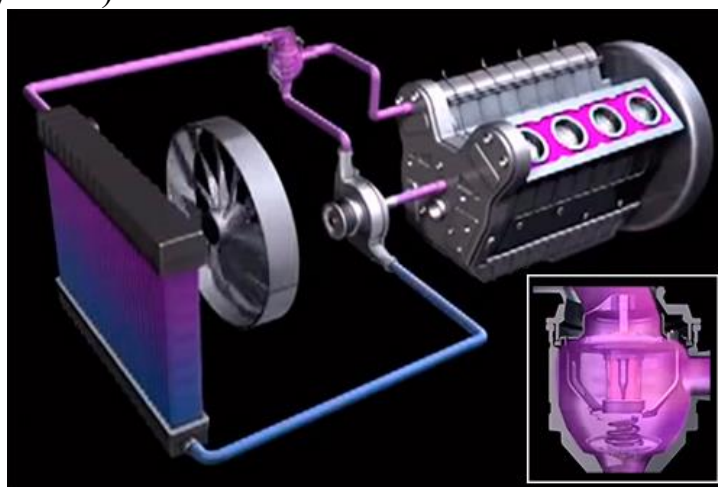
Поки двигун не розігрітий, термостат перекриває патрубок до радіатора, направляючи охолоджувальну рідину по малому колу (рис. 3.9): від сорочки мотора, через термостат, байпасний канал і знову до двигуна. Антифриз не проходить через радіатор і не охолоджується, даючи мотору можливість швидше прогрітись.



*Рух охолоджувальної рідини малим контуром під час розігріву двигуна*

Рисунок 3.9 - Робота системи охолодження по малому колу.

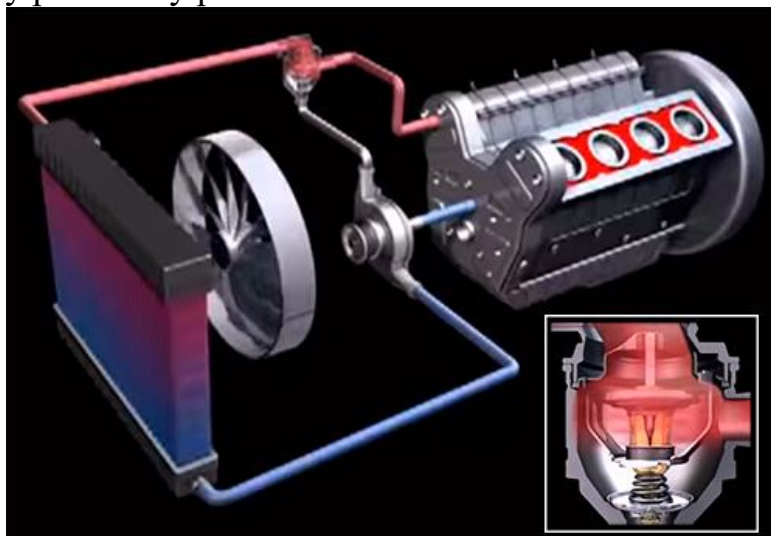
Коли двигун прогрівається до робочої температури (рис. 3.10), термостат відкриває клапан, що веде до радіатора, і антифриз починає охолоджуватися сам і починає охолоджувати двигун. Залежно від температури антифризу, термостат може закрити клапан в байпасний канал повністю (коли двигун потребує інтенсивного охолодження) або частково.



*Помірне навантаження на двигун: частково відкриті обидва контури (великий і малий)*

Рисунок 3.10 - Робота системи охолодження по малому і великому колу одночасно.

Таким чином, термостат в повністю автономному режимі регулює кількість антифризу, що надходить в радіатор охолодження, щоб підтримувати температуру двигуна на постійному робочому рівні.



*Інтенсивне охолодження: байпасний канал повністю закритий, вся охолоджувальна рідина проходить через радіатор*

Рисунок 3.11 - Робота системи охолодження по великому колу.

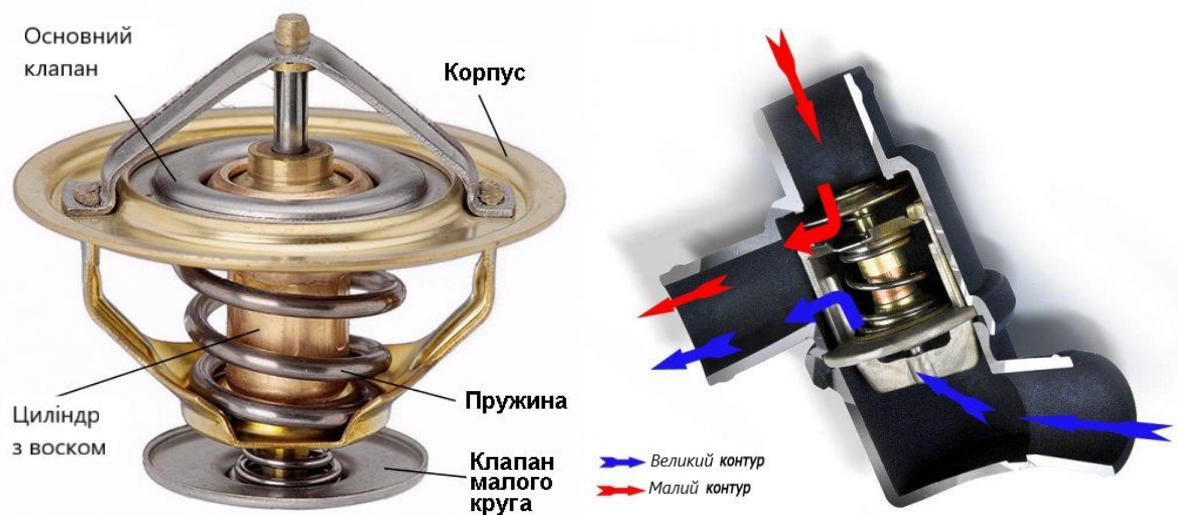


Рисунок 3.12 - Будова термостатів.

*Конструкція і принцип дії термостату.* Термостат складається з циліндра, наповненого матеріалом з великим коефіцієнтом термічного розширення. Термостати мають твердий наповнювач з нафтового воску, змішаного з мідним, алюмінієвим і графітовим порошком.

Корпус циліндра робиться з гофрованої міді, що має хороший коефіцієнт теплопровідності. Герметично закритий мідний циліндр наповнений теплочутливим матеріалом (твердим в холодному стані), в якому встановлений металевий шток. Вся конструкція загерметизована гумовим ущільнювачем.

По обидва боки циліндру розташовані два клапани: клапани великого і малого контурів системи охолодження. Вся конструкція закріплена в корпусі-тарілці з верхньою та нижньою рамками, і забезпечена пружинами, що забезпечують потрібний опір штоку.

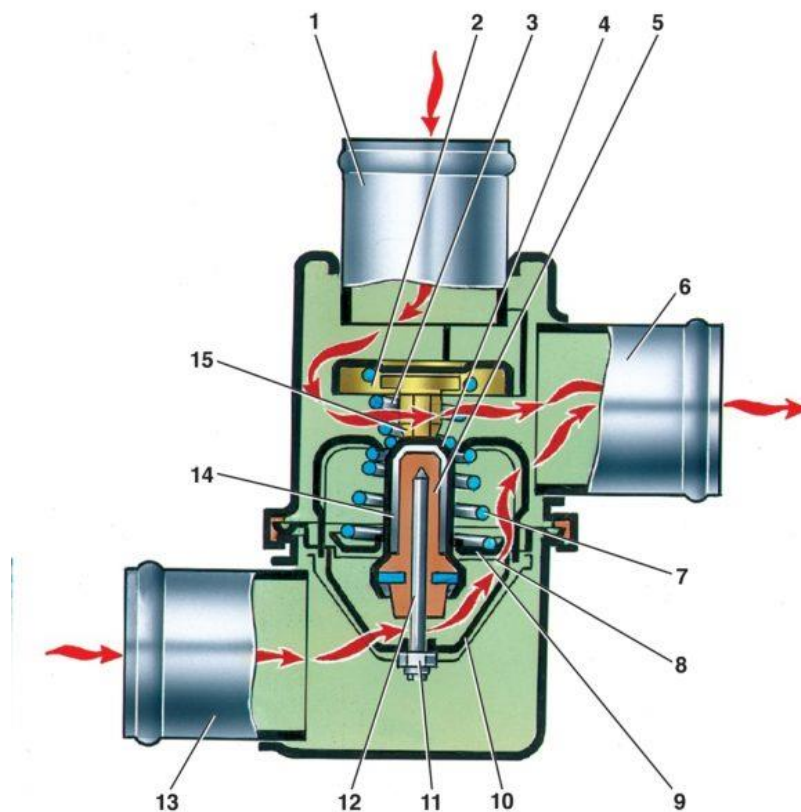


Коли термочутливий наповнювач плавиться від високої температури, він збільшується в об'ємі і виштовхує шток назовні (приблизно на 2 см). Клапан, закріплений на штоці, піднімається і перекриває патрубок. Чим вища температура охолоджувальної рідини, тим більша сила виштовхування штока. При охолодженні восковий наповнювач зменшується в об'ємі, і шток разом з клапаном повертається на місце за допомогою пружини.

Точність роботи термостата досягається за рахунок складу наповнювача: залежно від інгредієнтів і їх пропорції можна точно підібрати температуру плавлення і коефіцієнт розширення наповнювача. В кінцевому підсумку саме наповнювач впливає на температурний діапазон роботи термостата.

Перепускний клапан відкривається при низьких температурах і дозволяє рідині, що охолоджує, проходити безпосередньо в двигун, а головний - при нагріванні до певної температури, направляючи рідину за великим контуром в радіатор.

Термостат є нерозбірною деталлю. Він складається з наступних елементів (рис. 3.13).



: 1 – вхідний патрубок (від двигуна), 2 – перепускний клапан, 3 – пружина перепускного клапана, 4 – склянка, 5 – гумова вставка, 6 – вихідний патрубок, 7 – пружина основного клапана, 8 – сидло основного клапана, 9 – основний клапан, 10 – тримач, 11 – регулювальна гайка, 12 – поршень, 13 – вхідний патрубок від радіатора, 14 – наповнювач, 15 – обойма, Д – вхід рідини від двигуна, Р – вхід рідини від радіатора, Н – Вихід рідини до насоса.

Рисунок 3.13 - Будова термостата



*Принцип дії термостату.* При запуску холодного двигуна рідина з сорочки охолодження надходить у термостат, головний клапан якого закритий. Проходячи через перепускний клапан, вона потрапляє безпосередньо до рідинного насоса, а з нього назад у двигун. Циркуючи по малому колу, рідина не встигає охолоджуватися, лише нагрівається. При досягненні ним температури 80-85 град С віск всередині термоелемента починає плавитися, збільшуючись в об'ємі і штовхаючи поршень. На першому етапі поршень лише відкриває основний клапан і частина охолоджуючої рідини надходить у велике коло. Через нього вона рухається до радіатора, де охолоджується, проходячи по трубках теплообмінника, і вже охолоджена прямує назад в сорочку охолодження двигуна.

Ступінь відкриття основного клапана залежить від температури охолоджувальної рідини (рис. 3.14).

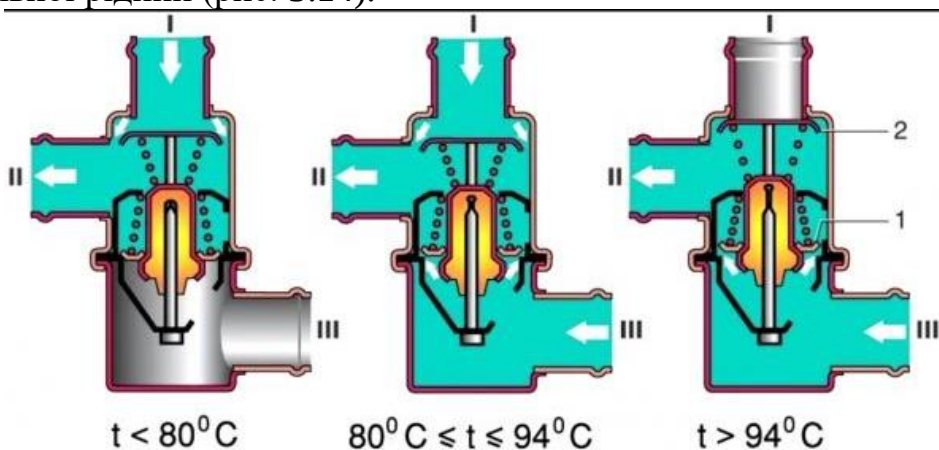
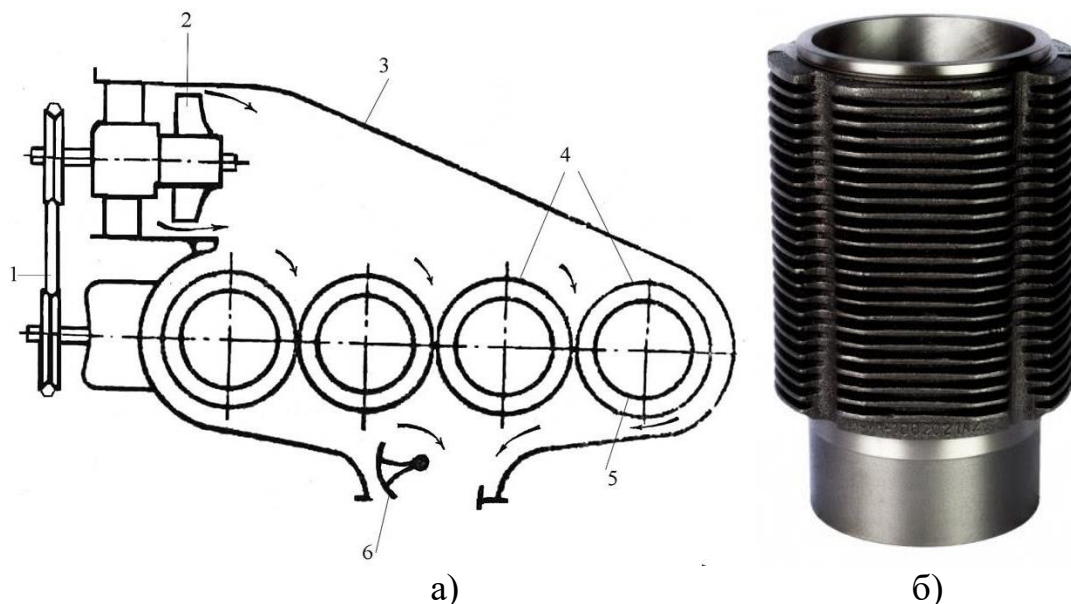


Рисунок 3.14 - Схема роботи термостата

Основна частина рідини продовжує циркулювати по малому колу, але коли її температура досягає 93-95 град С, шток термоелемента максимально виходить із корпусу, повністю відкриваючи головний клапан. У цьому положенні весь антифриз рухається великим колом через радіатор охолодження.

### **Повітряна система охолодження.**

Повітряна система охолодження (рис. 3.15) складається з вентилятора 1, кожуха 3 і щитків-дефлекторів 7. Під час роботи двигуна вентилятор засмоктує атмосферне повітря крізь сітку 2 і спрямовує його за допомогою кожуха 3 до ребрових поверхонь циліндрів 5 та їх головок. Потік повітря обдуває циліндри і головки і виходить через вікна 8 між дефлекторами. Чим більше відкриті вікна 8, тим менший опір потоку повітря і більш інтенсивний обдув циліндрів та їх головок. Під кожухом 3 встановлюють оливний радіатор 4, який також охолоджується потоком повітря.



а – схема повітряної системи охолодження; б – гільза циліндрів двигуна з повітряним охолодженням.

1 – пасова передача приводу вентилятора; 2 – вентилятор; 3 – кожух; 4 – ребра охолодження циліндрів; 5 – циліндр; 6 – регулююча заслінка

Рисунок 3.15 - Повітряна система охолодження:

До основних переваг рідинної системи охолодження відносяться: менша середня температура деталей, завдяки чому покращується вагове наповнення циліндрів, менший шум при роботі двигуна, так як стінки циліндрів обмежені сорочкою охолодження; зменшення довжини двигуна за рахунок застосування блочної конструкції; більш легкий пуск двигуна в умовах низьких температур і простота використання гарячої рідини для опалення кабіни або кузова автомобілю, а також для підігріву горючої суміші.

Недоліки рідинних систем: можливість підтікання рідини, небезпека замерзання системи в зимовий час при використанні для охолодження води і більша ймовірність переохолодження двигуна.

Переваги повітряного охолодження наступні: зменшення часу прогріву двигуна; стабільність тепловідведення від стінок камери згоряння і циліндра; висока надійність системи внаслідок відсутності підтікання і інших неполадок, що викликаються наявністю в системі рідини; більш зручна експлуатація двигуна в зонах, віддалених від джерел води.

Недоліками систем повітряного охолодження можна вважати: збільшення габаритів двигуна; підвищений шум його роботи; ускладнення виробництва і необхідність застосування більш якісних матеріалів для деталей; підвищені вимоги до мастил та палива.

### 1.4 Порядок виконання роботи

В ході виконання роботи студент повинен ознайомитись із загальною будовою, компонуванням та характеристиками систем охолодження найбільш поширених автотракторних двигунів та надати відповіді на контрольні питання до роботи.

Після ознайомлення з теоретичною частиною, плакатами, загальними видами та розрізами двигунів студент повинен виконати та представити до захисту звіт з проведеної роботи.

### **1.5 Зміст звіту та порядок захисту роботи**

В звіті з практичного заняття необхідно надати коротку характеристику системи охолодження двигуна, в якій слід відобразити призначення та характерні особливості конструкції його основних деталей:

- 1) призначення системи охолодження;
- 2) тип системи охолодження (за теплоносієм, що застосовується);
- 3) тип рідинної системи охолодження (за способом циркуляції охолоджуючої рідини);
- 4) радіатор (тип сердечини; спосіб кріплення радіатора до рами);
- 5) вентилятор (привод вентилятора; число лопатей; спосіб відключення вентилятора (при наявності));
- 6) рідинний насос (тип насосу; тиск, що розвивається насосом; привід насосу; спосіб ущільнення вала насоса);
- 7) термостат (тип наповнювача, що застосовується; число клапанів).

При захисті роботи студент повинен представити на перевірку виконаний звіт і відповісти на поставлені викладачем контрольні питання.

### **6 Контрольні питання**

1. Яке призначення системи охолодження двигуна?
2. Які системи охолодження застосовуються в автотракторних двигунах?
3. Які прилади входять до рідинної системи охолодження?
4. Який принцип дії рідинної системи охолодження?
5. Для чого призначено та як побудований радіатор?
6. Як працює рідинний радіатор?
7. Як забезпечується примусова циркуляція охолоджуючої рідини?
8. Яке призначення термостату?
9. При якому тиску відкривається паровий клапан у системі охолодження?
10. Як регулюють температуру системи охолодження двигунів?
11. Які клапани встановлені в пробці радіатора і для чого?
12. Яке призначення вентилятора в системі охолодження?

## **Практичне заняття №4 Система мащення двигуна**

### **1 Мета заняття**

В результаті виконання заняття необхідно вивчити загальну будову системи мащення автотракторних двигунів, ознайомитись із будовою приладів системи мащення, компонуванням та короткими характеристиками системи мащення двигунів тракторів і автомобілів.

## 2 Обладнання робочого місця

Учбово-методична література, плакати, розрізи двигунів та агрегатів системи мащення двигунів тракторів та автомобілів.

## 3. Короткі теоретичні відомості

### Загальні положення.

Система мащення двигунів призначена для подачі моторної оливи до поверхонь тертя під тиском, а також очищення та охолодження деталей двигуна.

Мащення деталей двигуна може виконуватися розбризкуванням, під тиском.

Основними приладами системи мащення є: *оливний насос*, *оливні фільтри*, *оливний радіатор*. Також, роботу системи мащення забезпечує система вентиляції картера.

**Оливний насос** забезпечує подачу оливи до поверхонь деталей двигуна, що труться. Циркуляція оливи в системах мащення двигунів здійснюється *шестеренними*, *роторними* та *шиберними* насосами (рис. 4.1, 4.2). На більшості автотракторних двигунів застосовують одно - або двосекційні шестеренні насоси.

Шестеренні насоси бувають внутрішнього та зовнішнього зачеплення.

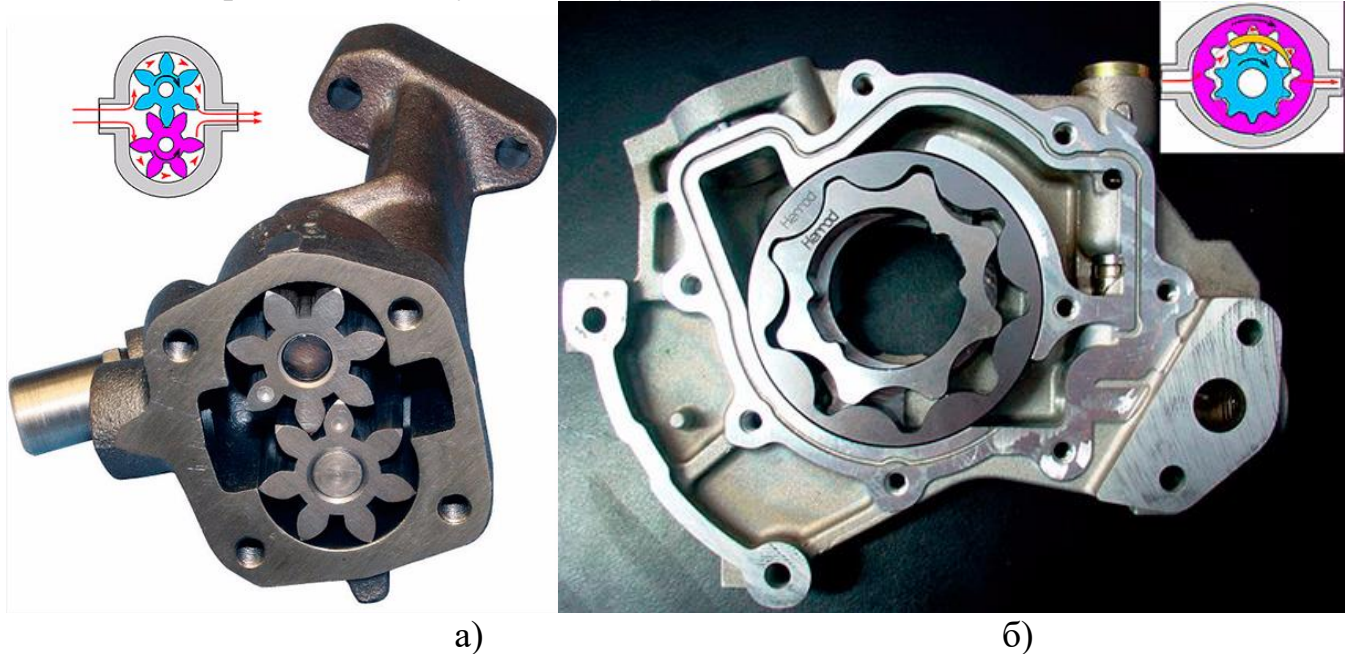


Рисунок 4.1 - Шестеренні насоси зовнішнього (а) та внутрішнього зачеплення (б)



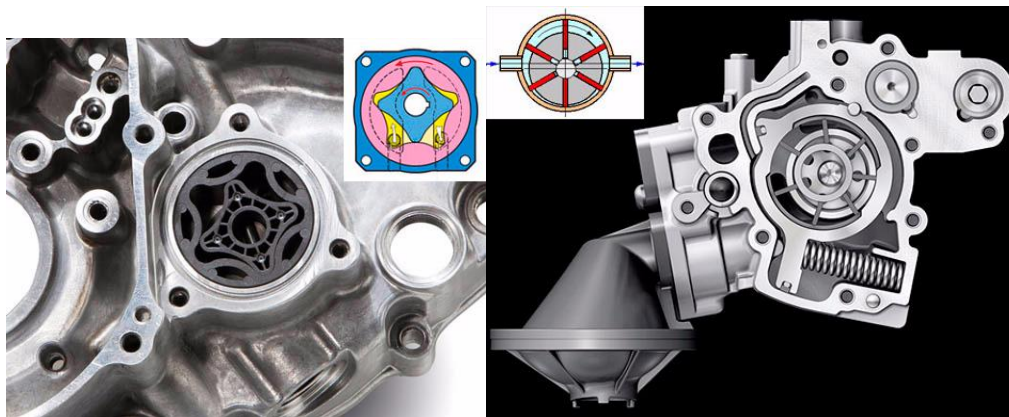


Рисунок 4.2 - Роторний (а) та шиберний (б) оливний насос.

Будова шестеренного насоса показана на рис. 4.1. В корпусі насоса розміщуються ведуча і ведена шестерні. Ведуча шестерня насаджена на валик, що приводиться в обертання від одного з валів двигуна. Ведена шестерня вільно обертається на осі. Олива транспортується у впадинах між зубцями шестерень і витискується в нагнітальний канал по мірі того, як зубці входять в зачеплення.

Обов'язковим елементом насоса є редукційний клапан, що запобігає систему мащення від високих тисків (рис. 4.3).

Редукційний клапан призначений для обмеження тиску оливи в оливопроводах системи мащення. Тиск оливи може підвищитися через значне збільшення кількості обертів колінчастого вала двигуна або за надмірної густини оливи, наприклад, у холодному двигуні.

Редукційний клапан зазвичай встановлюють у корпусі насоса. Він являє собою кульку або циліндр, притиснутий пружиною. Поки тиск оливи нормальний, клапан щільно притиснутий пружиною, коли тиск починає підвищуватися, клапан переміщується, стискаючи пружину, при цьому відкривається перепускний канал, по якому олива з насоса знову стікає в піддон.

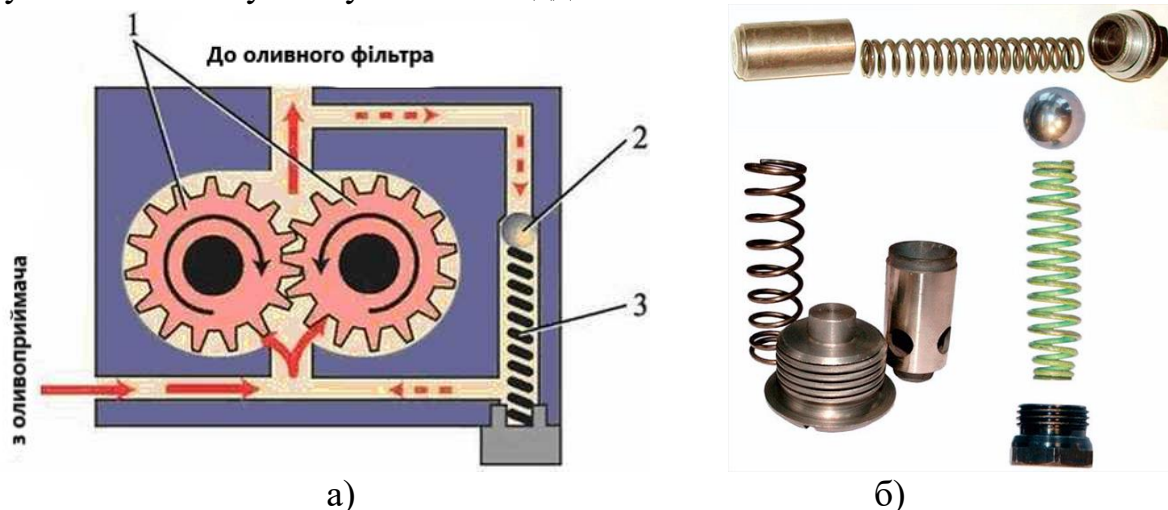


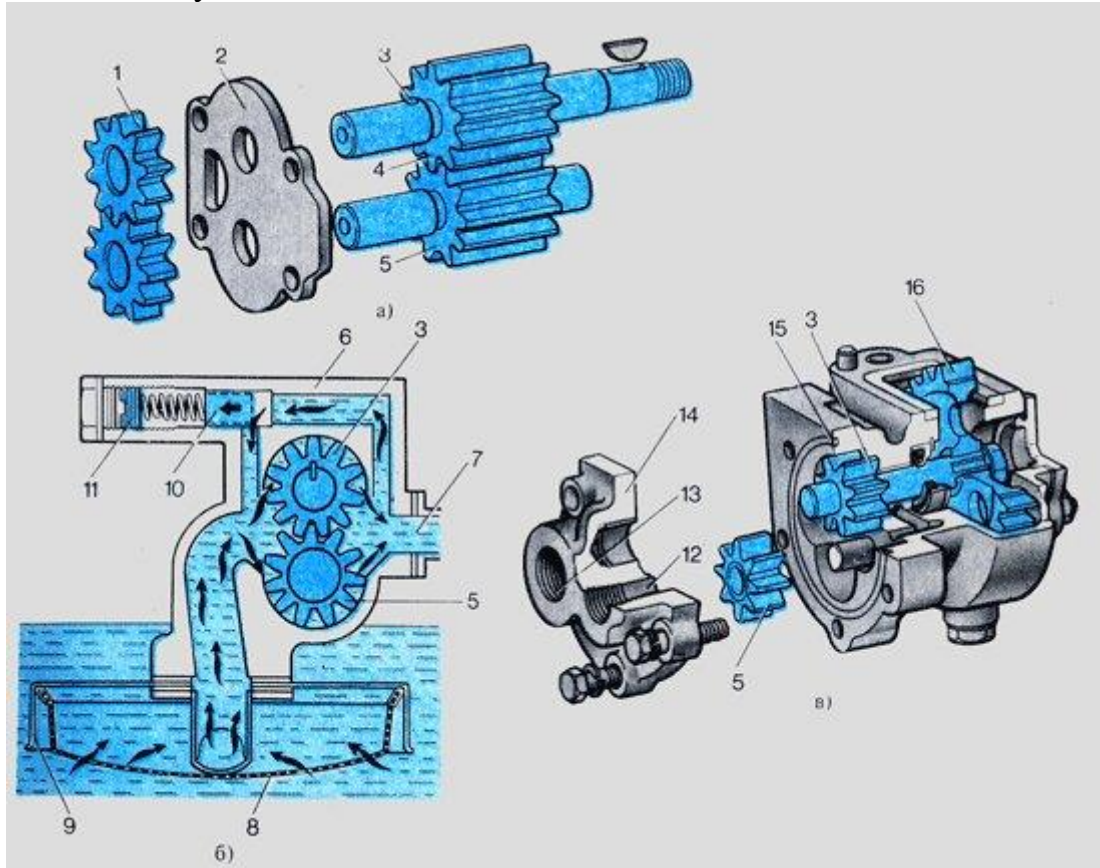
Рисунок 4.3 - Схема роботи редукційного клапана (а) та види редукційних клапанів (б) оливного насоса.

Двосекційні насоси мають дві пари шестерень (дві секції), одна з яких використовується для автономного подавання оливи для охолодження в оливний



радіатор з наступним зливанням його в картер, а інша - для подавання безпосередньо в систему мащення двигуна.

Оливний насос двохсекційного типу складається з корпусу, основної секції (шестерні 3 і 5), роздільної пластини 2 і додаткової (радіаторної) секції (рис. 3.4). Кожна секція має ведучу і ведену шестерні. Обидві ведучі шестерні 4 і 11 приводяться від ведучого вала 6.



а - двохсекційний, б - односекційний,

1 - ведуча шестерня радіаторної секції, 2 - проставка, 3 - провідний вал, 4 - ведуча шестерня основної секції, 5 - ведена шестерня основної секції, 6 - корпус, 7 - нагнітальний канал, 8 - сітка оливоприймача, 9 - оливоприймач, 10-редукційний клапан, 11 - регулювальний гвинт, 12 - вихідний отвір, 13 - впускний отвір, 14 - кришка, 15 - корпус, 16 - шестерня приводу насоса.

Рисунок 4.4 – Конструкція і схема двохсекційного шестеренного масляного насоса.

В корпусі основної секції насоса встановлений редукційний клапан 10 насоса, що обмежує тиск в змащувальній системі. Коли тиск при виході з насоса досягає 0,75...0,80 МПа, клапан відкривається, запобігаючи цим пошкодження окремих ланок системи.

До допоміжних елементів масляних насосів відносяться оливоприймачі (рис. 4.5), через які олива засмоктується в систему мащення. Вони розташовуються в найбільш глибокій частині піддона і мають сітку, що затримує найбільш крупні частинки, які можуть пошкодити насос.



Рисунок 4.5 – Оливоприймач.

Оливні насоси розміщені в піддоні картера нижче від рівня оливи, що запобігає підсмоктуванню повітря у всмоктувальні порожнини.

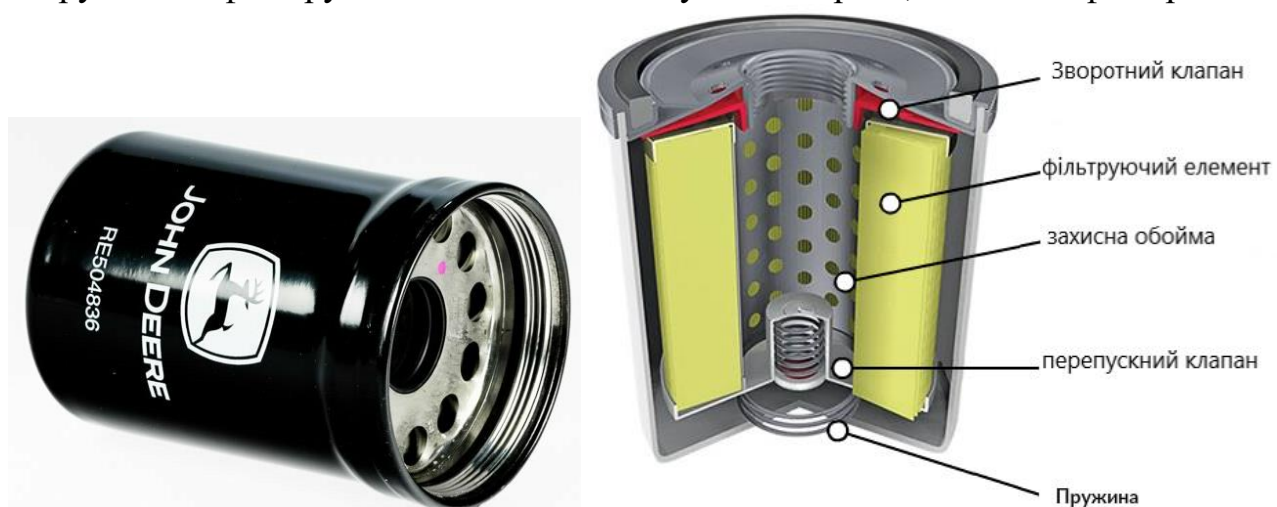
Привід насосів здійснюється від розподільчого або колінчастого валів.

**Оливні фільтри.** Перед подачею до поверхонь деталей, що труться, олива повинна бути очищена від твердих домішок, що збільшують абразивний знос.

Для очищення оливи від нерозчинних речовин, застосовують фільтри грубого і тонкого очищення, що затримують частинки розміром відповідно до 30...60 мкм і 0,5...1,0 мкм.

В останній час широке розповсюдження отримали повнопоточні фільтри тонкого очищення. Олива в таких фільтрах продавлюється через пори в папері, розмір яких не перебільшує 1 мкм. Щоб забезпечити тривалу, ефективну роботу такого фільтруючого елемента, оливу попередньо пропускають через фільтр з глибиною очищення не менше 4...5 мкм.

Фільтр має перепускний клапан, що пропускає у випадку сильного забруднення фільтруючого елемента оливу в магістраль, минаючи фільтр.

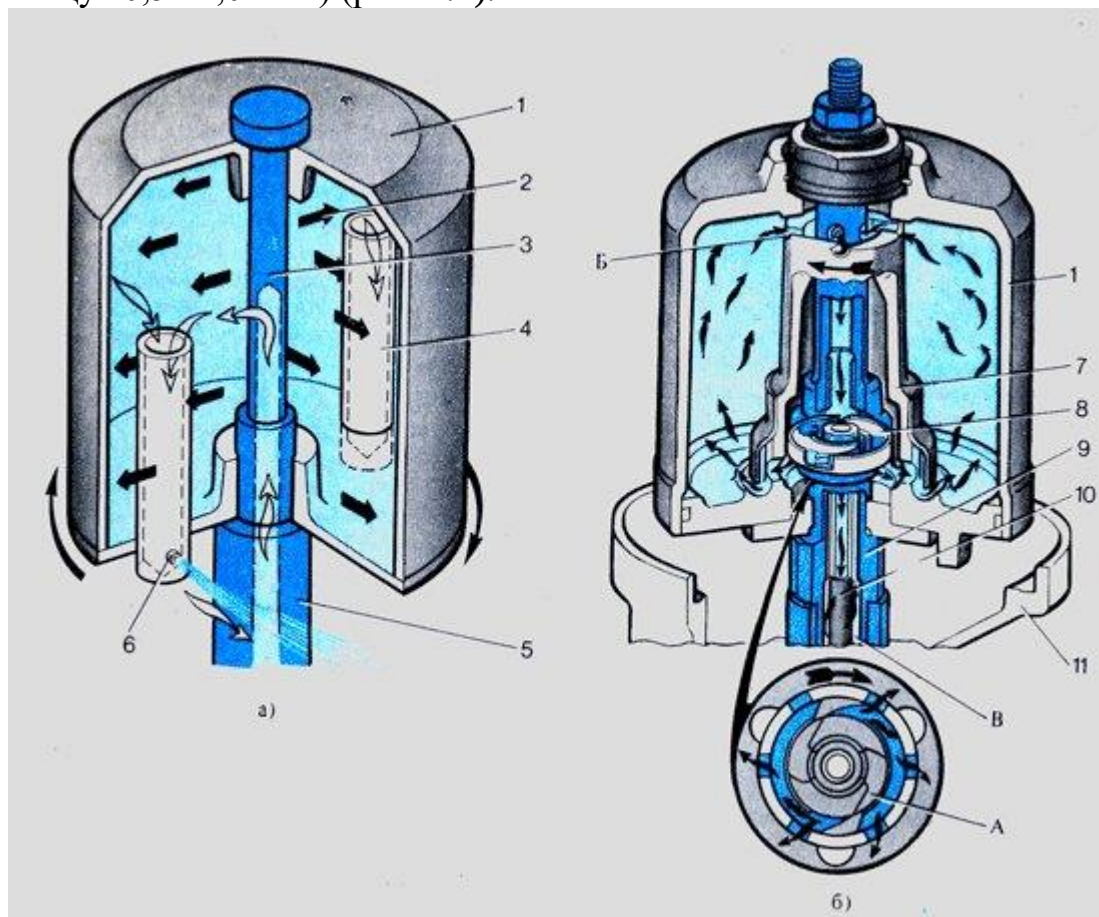


а – нерозбірний оливний фільтр.

Рисунок 4.6 – Варіанти конструкцій оливних фільтрів.

Для тонкого очищення оливи в сучасних автотракторних двигунах широко застосовують відцентрові очисники оливи (центрифуги) з гідравлічним приводом ротора. В центрифугах олива очищується від часток, густина яких більша за густину самої оливи.

На автомобільних і тракторних двигунах застосовують відцентрові очисники (центрифуги), що мають частоту обертання  $5000 \dots 8000 \text{ хв}^{-1}$ . Швидкість осадження твердих часток забруднень у відцентровому полі таких центрифуг у  $1000 \dots 2000$  разів вища, ніж у гравітаційному полі відстійників. Центрифуги забезпечують високу якість очищення (розмір часточок, що пропускаються через оливоочисники, не перевищує  $0,5 \dots 1,0 \text{ мкм}$ ) (рис. 4.7).



1 - оливовідвідна трубка, 2 - трубка охолодженого в радіаторі олії, 3 - трубка відведення гарячого оливи в радіатор, 4 - радіаторний клапан, 5, 6 - канали відведення очищеного не охолодженого і охолодженого оливи в магістраль, 7 - канал підведення неочищеного оливи у фільтр, 8 - зливний клапан, 9 - порожнина зливу оливи в картер двигуна, 10 - регулювальні гвинти клапанів, 11 - корпус фільтра, 12 - перепускний клапан, 13 - пустотіла вісь, 14 - кришка, 15 - насадок (завихрювач оливи), 16 - корпус ротора, 17 - стакан, 18 - наполеглива шайба, 19 - ковпак.

Рисунок 4.7 - Оливна центрифуга

Ротор центрифуги обертається під дією реактивної сили тангенціально напрямлених струменів оливи, що витікають з двох жиклерів. При цьому важкі



механічні частинки бруду і осадів під дією відцентрової сили відкидаються на стінки корпусу й осідають на них, утворюючи щільний осад.

**Оливні радіатори.** Температура оливи при роботі відповідає оптимальному тепловому режиму двигуна, тобто повинна знаходитися в межах 80...90 °С.

При високих температурах навколишнього повітря (понад 20 °С), а також під час роботи в тяжких умовах (з великим навантаженням і малими швидкостями) олива перегрівається.

В двигунах, що працюють більшу частину часу на часткових навантаженнях, достатньо буває охолоджувати оливу в піддоні картера за рахунок обдування зустрічним потоком повітря.

Для легкових автомобілів з повітряним охолодженням і важких вантажних автомобілів застосовують литі оребрені або гофровані штамповані піддони, що забезпечують більше відведення тепла, ніж звичайні з гладкими стінками.

Системи мащення двигунів, призначених для роботи в важких дорожніх умовах або з тривалими максимальними навантаженнями, мають оливні радіатори.

Радіатори поділяють на повітряно-оливні і рідинно-оливні. Примусове охолодження оливи в повітряних радіаторах мають усі двигуни повітряного охолодження. У двигунах рідинного охолодження використовують як рідинно-оливні, так і повітряно-оливні радіатори.

Повітряно-оливні радіатори звичайно встановлюються перед радіатором системи охолодження двигуна або в потік повітря, який створюється вентилятором в двигунах повітряного охолодження. Інтенсивність охолодження оливи залежить при цьому від температури навколишнього повітря.



Рисунок 4.8 - Оливний радіатор

Рідинно-оливні радіатори омиваються водою з системи охолодження двигуна. По своїй конструкції вони можуть бути трубчатими або пластинчатими. Такі радіатори мають ряд переваг, а саме, дозволяють з більшою стабільністю підтримувати температуру оливи, а після пуску двигуна прискорюють його прогрівання.

**Принцип дії системи мащення.** При роботі двигуна (рис. 4.9) олива насосом через сітку оливоприймача засмоктується з піддону і нагнітається через фільтр у головну магістраль, розташовану в блоці.

З магістралі олива по каналам в перетинках блока надходить до корінних підшипників колінчастого вала, змащує їх і далі по каналам в щоках вала подається

до шатунних підшипників. Надлишок оливи витискується через зазори з шатунних підшипників і при обертанні їх разом з валом розбризкується у вигляді масляного туману по всьому двигуну, змащуючи всі інші деталі: стінки гільз циліндрів, поршневі пальці, розподільчий вал, штовхачі тощо.

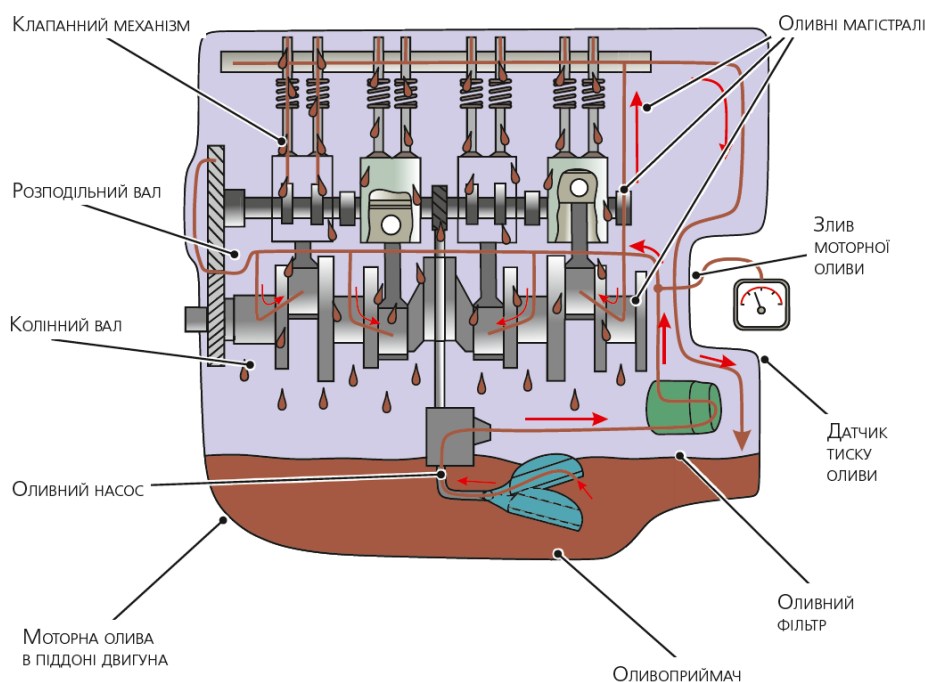


Рисунок 4.9 – Принципова схема комбінованої системи мащення.

Шатунні шийки колінчастого вала у двигунів звичайно мають внутрішні порожнини-брудоуловлювачі. Брудоуловлювачі використовуються для додаткового відцентрового очищення оливи, що проходить через них.

Найбільш навантажена частина стінок циліндрів і кулачки розподільчого вала (нижнє розташування розподільчого) інколи змащуються додатково пульсуючими струменями оливи, що розбризкується через спеціальний отвір, що є в нижній головці шатуна, в момент співпадіння його з каналом шатунної шийки.

При нижньому розташуванні розподільчого вала з головної магістралі олива також підводиться під тиском до підшипників розподільчого вала. Через канал в передній шийці вала олива знаходить пульсуючим струменем на розподільчі шестерні і упорний фланець вала. У деяких двигунів з шатунних підшипників по каналам в тілі шатунів олива надходить до верхньої головки шатуна для мащення поршневого пальця.

У двигунів з верхніми клапанами олива підводиться також до порожнистих осей коромисел клапанів звичайно пульсуючим струменем через канавку або отвори на одній з шийок розподільчого вала. Через отвори в осях олива проходить до підшипників коромисел і по каналам в них до верхніх головок штанг. Стікаючи по штангам вниз, олива змащує штовхачі.

При верхньому розташуванні розподільчого вала олива по каналу в блоці і головці підводиться до однієї з опор вала і далі пульсуючим струменем по каналу в



ньому до інших його опор і кулачкам. Олива також проходить в порожнисті осі коромисел і змащує їх.

**Вентиляція картера.** Для відведення картерних газів передбачена система вентиляції картера.

Відведення картерних газів дає змогу підтримувати в піддоні картера атмосферний тиск, що підвищує працездатність оливи, запобігає витіканню її через ущільнення.

В системі вентиляції картерні гази по трубці видаляються в задросельний простір впускного тракту.

Отже, картерні гази не проходять через прилади системи живлення і не забруднюють їх

#### **4 Порядок виконання роботи**

На практичному занятті необхідно ознайомитись із загальною будовою, компонованням та характеристиками систем мащення автотракторних двигунів та надати відповіді на контрольні запитання до роботи.

Після ознайомлення з теоретичною частиною, плакатами, загальними видами та розрізами двигунів необхідно виконати та представити до захисту звіт з проведеної роботи.

#### **5 Зміст звіту та порядок захисту роботи**

В звіті по роботі студент повинен:

На підставі завдання, виданого викладачем дати коротку характеристику системи мащення двигуна, в якій слід відобразити характерні особливості конструкції її основних агрегатів, приборів та деталей:

1) характеристику системи мащення за способом подачі оливи до поверхонь тертя (розбризуванням, під тиском, комбінований);

2) спосіб подачі оливи до поверхонь деталей двигуна (корінних і шатунних підшипників колінчастого вала, підшипників розподільчого вала та іншим деталям газорозподільного механізму, приладам гальмівної системи тощо);

3) оливний насос (тип насосу і його привід, число секцій, наявність клапанів та їх призначення);

4) оливні фільтри (тип і число фільтрів);

5) оливний радіатор (тип радіатора, спосіб відведення тепла від радіатора);

6) система вентиляції картера (тип системи вентиляції);

При захисті необхідно представити на перевірку виконаний звіт і відповіді на поставлені викладачем контрольні питання.

#### **6 Контрольні питання**

1. Яке призначення системи мащення?
2. З яких основних елементів складається система мащення?
3. До якої групи належать картерні оливи?
4. Які існують способи мащення деталей?
5. Дати характеристику комбінованої системи мащення.
6. Призначення редукційного клапана в системі мащення.

7. Зовнішні ознаки порушення нормальної роботи системи мащення двигуна.
8. Типи насосів системи мащення двигунів.
9. Чому знижується тиск оливи в магістралі двигуна нижче від допустимого?
10. Оливні очисники. Які фільтри застосовують для очищення оливи в двигунах?
11. Призначення масляного радіатора в системі мащення двигуна.
12. Призначення секцій двосекційного масляного насосу двигуна.
13. Як змащується внутрішня поверхня циліндра двигуна?
14. Як змащується поверхня поршневого пальця?

## **Практичне заняття №5**

### **Система живлення дизельного двигуна**

#### **1 Мета заняття**

При виконанні заняття необхідно вивчити загальну будову системи живлення автотракторних дизельних двигунів, ознайомитись із будовою приладів системи живлення, компонованням та короткими характеристиками системи живлення дизелів тракторів і автомобілів.

#### **2 Обладнання робочого місця**

Навчально-методична література, плакати, розрізи двигунів та агрегатів системи живлення дизельних двигунів тракторів та автомобілів.

#### **3. Короткі теоретичні відомості**

В автотракторних двигунах використовуються декілька типів систем живлення. Їх можливо класифікувати на наступні.

За способом керування процесу впорскування системи поділяються на *механічні* та з *електронними керуванням*.

У свою чергу системи з електронним керуванням поділяються на системи *Common Rail (акумуляторні системи)* та системи з *насос-форсунками*.

Найбільш розповсюдженими вважаються системи типу *Common Rail*. Розглянемо їх детальніше.

**Система упорскування Common Rail.** Система упорскування Common Rail є сучасною системою упорскування палива дизельних двигунів. Робота системи Common Rail заснована на подачі палива до форсунок від загального акумулятора високого тиску – рампи палива (Common Rail у перекладі спільна магістраль). Система упорскування розроблена фахівцями фірми Bosch.

Застосування даної системи дозволяє досягти зниження витрати палива, токсичності газів, що відпрацювали, рівня шуму дизеля. Головною перевагою системи Common Rail є широкий діапазон регулювання тиску палива та моменту

початку упорскування, які досягнуті за рахунок поділу процесів створення тиску та упорскування.

Особливістю системи Common Rail стало використання *аккумуляторного вузла*, до якого входить розподільчий трубопровід (паливна рампа), лінії подачі палива та форсунки. Електронний блок управління (ЕБУ) за заданою програмою передає керуючий сигнал соленоїду форсунки, яка подає паливо в камеру згоряння двигуна. Використання принципу поділу вузла, що створює тиск (насос високого тиску), і вузла впорскування (електромагнітна форсунка) забезпечує підвищення точності управління процесом згоряння, а також збільшення тиску впорскування.

Систему Common Rail вирізняють такі особливості:

- можливість встановлення системи без радикальної зміни конструкції самого дизельного двигуна;

- тиск палива підтримується на необхідному рівні, незалежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна. Це дає можливість збільшити величину моменту, що крутить, при малих оборотах двигуна;

- керування системою здійснюється під контролем електроніки, тому кількість палива, що впорскується в циліндри, дозується точніше. Це покращує процес згоряння та знижує витрату палива;

- паливо впорскується під тиском близько 135 ... 160 МПа. Такий високий тиск забезпечує отримання дуже дрібно розпорошеного палива, яке згоряє повніше і призводить до зменшення шкідливих викидів та зниження димлення газів, що відпрацювали. Ще більш повне згоряння може бути забезпечене застосуванням попереднього упорскування або багаторазового впорскування протягом одного такту;

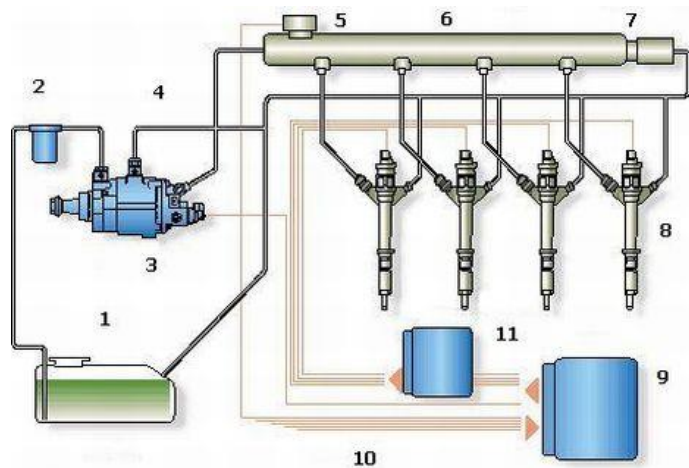
- організація процесу упорскування за допомогою електроніки дає можливість істотно знизити шумність дизеля;

Система Common Rail складається з трьох основних частин: *контур низького тиску, контур високого тиску та системи управління двигуном.*

До контуру низького тиску входять: *паливний бак, насос, що підкачує, паливний фільтр і з'єднувальні трубопроводи.*

Контур високого тиску складається з *насоса високого тиску* (замінює традиційний ПНВТ) з *контрольним клапаном, аккумуляторного вузла високого тиску* (рампи) з *датчиком, що контролює в ній тиск, форсунок та з'єднувальних трубопроводів високого тиску.*

Конструктивно система упорскування Common Rail складається з контуру високого та низького тиску паливної системи дизельного двигуна (рис. 5.1). У системі використовується безпосереднє упорскування палива, тобто, дизельне паливо впорскується безпосередньо в камеру згоряння.

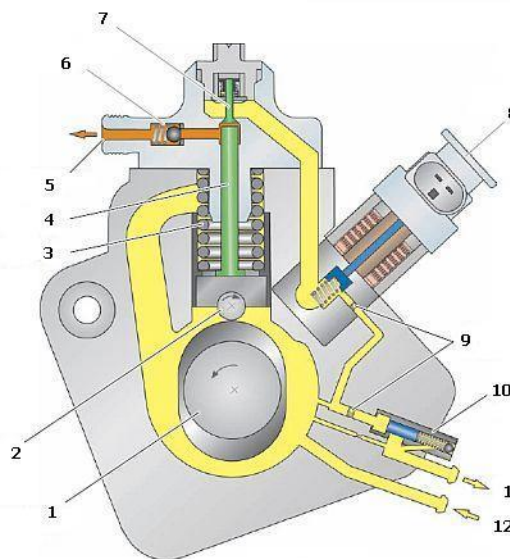


1 - паливний бак; 2 - паливний фільтр; 3 - паливний насос високого тиску; 4 – паливопровод; 5 - датчик тиску палива; 6 - паливна рампа; 7 - регулятор тиску палива; 8 – форсунки; 9 - електронний блок керування; 10 - сигнали від датчиків; 11 - підсилювальний блок (на деяких моделях автомобілів)

Рисунок 5.1 – Схема системи Common Rail.

*Паливний насос високого тиску.* Паливний насос високого тиску (скорочене найменування – ПНВТ) є одним із основних конструктивних елементів системи упорскування дизельного двигуна. Насос виконує, як правило, дві основні функції: нагнітання під тиском певної кількості палива; регулювання необхідного моменту початку упорскування. З появою акумуляторних систем упорскування функція регулювання моменту упорскування покладена на форсунки, що керуються електронним блоком управління (ЕБУ).

Основу паливного насоса високого тиску становить плунжерна пара, яка об'єднує поршень (він же плунжер) і циліндр (він втулка) невеликого розміру. Плунжерна пара виготовляється із високоякісної сталі з високою точністю. Між плунжером та втулкою забезпечується мінімальний зазор – прецизійне з'єднання.



1 - приводний кулачковий вал; 2 - ролик; 3 – плунжерна пружина; 4-плунжер; 5 - штуцер напірної магістралі (до паливної рампи); 6 – випускний клапан; 7 - впускний

клапан; 8 – електромагнітний клапан дозування палива; 9 - фільтр тонкого очищення палива; 10 – перепускний клапан; 11 - штуцер зворотного паливопроводу; 12 - штуцер впускного паливопроводу.

Рисунок 5.2 – Паливний насос високого тиску системи Common Rail

Клапан дозування палива 8 (рис. 5.2) регулює кількість палива, що подається до паливного насоса високого тиску, залежно від потреби двигуна. Клапан конструктивно поєднаний із ПНВТ.

*Регулятор тиску палива 7* (рис. 5.1) призначений для керування тиском палива в системі залежно від навантаження на двигун. Він встановлюється у паливній рампі.

*Паливна рампа 6* (рис. 5.1) призначена для виконання кількох функцій: накопичення палива та вміст його під високим тиском, пом'якшення коливань тиску, що виникають внаслідок пульсації подачі від ПНВТ, розподілу палива за форсунками.

*Паливний насос високого тиску 3* (рис. 5.1) і рис. 5.2 використовується в акумуляторній системі впорскування палива Common Rail, де він виконує функцію нагнітання палива в рампу палива. ПНВТ забезпечують тиск палива (у сучасних системах впорскування близько 180 МПа та більше).

Конструктивно ПНВТ може мати один, два або три плунжери 4 (рис. 5.2). Привід плунжерів здійснюється за допомогою кулачкового валу або кулачкової шайби.

При обертанні кулачкового валу 1 (рис. 5.2) (ексцентрика кулачкової шайби) під дією зворотної пружини плунжер 4 рухається донизу. Збільшується обсяг компресійної камери та зменшується тиск у ній. Під дією розрідження відкривається впускний клапан 7, і паливо надходить у камеру.

Рух плунжера догори супроводжується зростанням тиску в камері, впускний клапан 7 закривається. При певному тиску відкривається випускний клапан 6 та паливо подається в рампу.

Управління подачею палива здійснюється залежно від потреб двигуна за допомогою клапана дозування палива 8 (рис. 5.2). У нормальному положенні клапан відкритий. За сигналом електронного блоку управління клапан закривається на певну величину, тим самим регулюється кількість палива, що надходить в компресійну камеру.

*Паливна рампа* (акумулятор палива) 6 (рис. 5.1) являє собою товстостінну циліндричну ємність, здатну витримувати високий тиск ПНВТ, що розвивається. У рампі підтримується постійний тиск палива за допомогою ПНВТ та регулятора тиску та кожна форсунка з'єднана паливопроводом з рампою.

Акумуляторний вузол, який включає паливну рампу, є довгою трубою з поперечно розташованими штуцерами для приєднання форсунок і виконаний двошаровим (внутрішній шар виготовлений з хімічно інертного матеріалу).



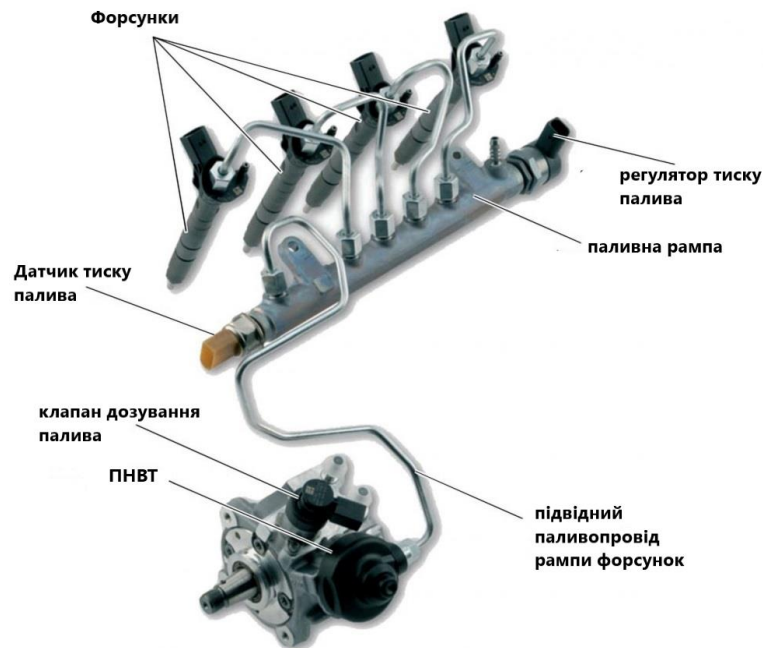
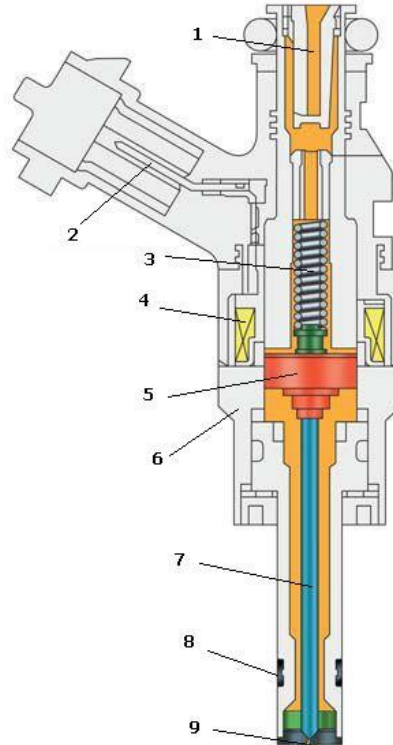


Рисунок 5.3 – ПНВТ, рампа форсунок, форсунки, штуцера та паливо провід високого тиску.

*Форсунка.* Форсунка найважливіший елемент системи, що безпосередньо здійснює впорскування палива в камеру згоряння двигуна. Форсунки пов'язані з паливною рампою паливопроводами високого тиску. У системі використовуються електрогідравлічні або п'єзофорсунки.



1 сітчастий фільтр; 2 – електричний роз'єм; 3 – пружина; 4 – обмотка збудження; 5 – якорь електромагніту; 6 – корпус форсунки; 7 - голка форсунки; 8 – ущільнення; 9 – сопло форсунки.

Рисунок – 5.4 – Електрогідравлічна дизельна форсунка

Упорскування палива *електрогідравлічною* форсункою здійснюється за рахунок управління електромагнітним клапаном.

Активним елементом *п'єзофорсунки* є п'єзокристали, які значно підвищують швидкість роботи форсунки.

Управління роботою системою упорскування Common Rail забезпечує система керування дизелем, яка поєднує датчики, блок керування двигуном та виконавчі механізми систем двигуна.

Система управління дизелем включає датчики оборотів двигуна, Холла, положення педалі акселератора, витратомір повітря, температури охолоджуючої рідини, тиску повітря, температури повітря, тиску палива, кисневий датчик (лямбда-зонд) та інші.

Основними виконавчими механізмами впорскування Common Rail є форсунки, клапан дозування палива, а також регулятор тиску палива.

### **Принцип дії системи упорскування Common Rail**

Електронний блок управління системи Common Rail отримує електричні сигнали від наступних датчиків: положення колінчастого валу, положення розподільчого валу, переміщення педалі «газу», тиску наддуву, температури повітря, температури охолоджуючої рідини, масової витрати повітря та тиску палива в акумуляторному вузлі. Датчики визначають значення відповідних фізичних величин, а ЕБУ на основі отриманих сигналів обчислює необхідну кількість палива, що подається, дає команду на початок упорскування, визначає тривалість відкриття форсунки, коригує параметри упорскування і керує роботою всієї системи.

У контурі *низького* тиску насос, що підкачує, засмоктує паливо з бака, пропускає його через фільтр, в якому затримуються забруднення, і доставляє його до контуру високого тиску.

У контурі *високого* тиску насос високого тиску подає паливо в акумуляторний вузол, де воно знаходиться при максимальному тиску 135...180 МПа, який підтримується за допомогою регулятора тиску палива. Якщо регулятор тиску відкривається за командою ЕБУ, паливо від насоса зливальним трубопроводом надходить у паливний бак.

Кожна форсунка з'єднується з акумуляторним вузлом окремим трубопроводом високого тиску, а всередині форсунки є керуючий соленоїд (електромагнітний клапан). При отриманні командного електричного сигналу від ЕБУ форсунка починає впорскувати паливо у відповідний циліндр. Упорскування палива продовжується до тих пір, поки електромагнітний клапан форсунки не відключиться по команді блоку управління, який визначає момент початку упорскування та кількість палива.

Крім того, блок здійснює постійний контроль працездатності системи. Оскільки в акумуляторному вузлі паливо знаходиться при постійному та високому тиску, це дає можливість упорскування невеликих і точно відміряних порцій палива. З'явилася можливість упорскування попередньої порції палива перед основною, що дає можливість значно покращити процес згоряння.

На основі сигналів, що надходять від датчиків, блок керування двигуном визначає необхідну кількість палива, яке паливний насос високого тиску подає через

клапан дозування палива. Насос накачує паливо у паливну рампу. Там воно знаходиться під певним тиском, який забезпечує регулятор тиску палива.

У потрібний момент блок керування двигуном дає команду відповідним форсункам на початок упорскування та забезпечує певну тривалість відкриття клапана форсунки. Залежно від режимів роботи двигуна, блок управління двигуном коригує параметри роботи системи впорскування.

З метою підвищення ефективної роботи двигуна в системі Common Rail реалізується багаторазове упорскування палива протягом одного циклу роботи двигуна. При цьому розрізняють: попереднє упорскування, основне впорскування і додаткове впорскування.

Попереднє упорскування невеликої кількості палива проводиться перед основним упорскуванням для підвищення температури і тиску в камері згорання, чим досягається прискорення самозаймання основного заряду, зниження шуму і токсичності відпрацьованих газів. Залежно від режиму роботи двигуна виконується:

- два попередні упорскування - на холостому ходу;
- один попередній упорскування - у разі підвищення навантаження;
- попередній упорскування не проводиться при повному навантаженні.

Основне упорскування забезпечує роботу двигуна.

Додаткове впорскування проводиться для підвищення температури газів, що відпрацьовали, і згорання частинок сажі в сажовому фільтрі (регенерація сажового фільтра).

### Система подачі повітря

Система подачі повітря включає: *фільтр, патрубки, при наявності турбонаддуву – турбокомпресор, інтеркулер.*

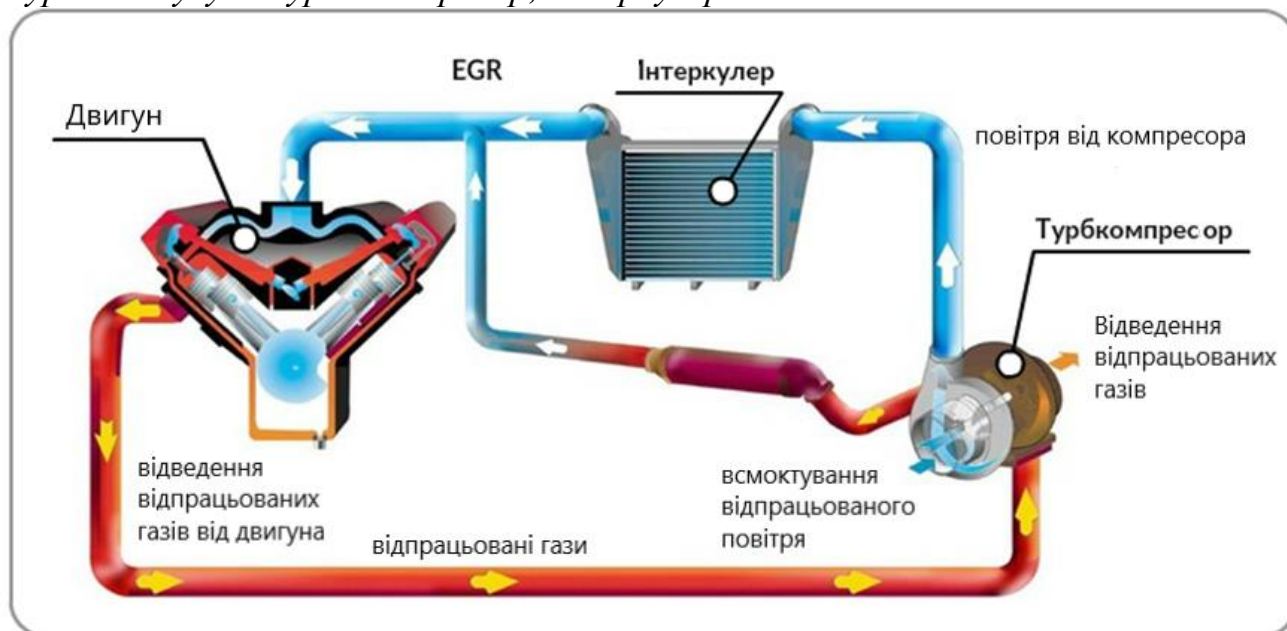


Рисунок 5.5 – Схема здійснення турбонаддуву в автотракторних двигунах

**Турбонаддув.** Одним із способів підвищення потужності двигуна внутрішнього згорання є збільшення кількості повітря, що надходить в циліндри. Подача двигуна повітря з надлишковим тиском називається *наддувом*. В даний час зарубіжними

фірмами виробляється від 50 до 90% двигунів з наддувом від загального обсягу двигунів.

У ДВЗ застосовують механічний наддув, при якому повітря закачується спеціальним насосом (компресором), що має механічний привід, і турбонаддув, при якому компресор приводиться в дію турбіною завдяки енергії газів, що відпрацювали. Турбокомпресори набули найбільшого поширення.

У турбокомпресорі використовуються відцентрові насоси. Під впливом відцентрових сил, викликаних обертанням колеса з лопатками, повітря відкидається до периферії колеса, а в його центрі створюється розрідження, що забезпечує всмоктування повітря. Дія ефективної роботи турбокомпресора частота обертання колеса компресора має бути дуже високою — не менше ніж 50 тис.— 100 тис. хв-1.

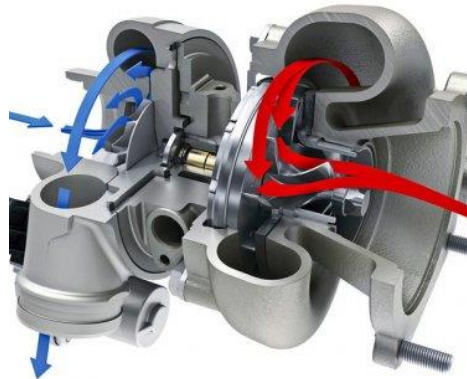


Рисунок 5.6 - Турбіна турбокомпресора

Під час роботи ДВЗ із випускного трубопроводу під тиском викидаються продукти згоряння, які мають високу температуру. Потік газів наводить колесо турбіни у обертання, яке передається закріпленому на загальному валу колеса компресора.

У сучасних зарубіжних тракторах застосовується регульований турбонаддув. Принцип регулювання наддуву полягає у обмеженні частоти обертання турбокомпресора після досягнення необхідного тиску наддуву. З цією метою використовується спеціальний перепускний клапан, який обмежує кількість газів, що відпрацювали, які проходять через турбіну.

У системі випуску перед турбіною є обвідний (байпасний) канал, який дає можливість відпрацьованим газам пройти турбіну. Цей канал відкривається перепускним клапаном. Чутливим елементом клапана є пружна мембрана, на яку впливають дві протилежно спрямовані сили: сила стиснення пружини та тиск повітря після турбокомпресора. При досягненні заданого тиску наддуву мембрана прогинається, стискаючи пружину, а з'єднаний із мембраною клапан відкриває обвідний канал. Тиск наддуву можна відрегулювати попереднім стисненням пружини.

У сучасних двигунах із турбонаддувом максимальний тиск наддуву регулюється системою керування двигуном. Комп'ютер отримує сигнал від датчика абсолютного тиску, порівнює його з величиною номінального значення тиску, що міститься в пам'яті, та керує електромагнітним перепускним клапаном. Робота електромагнітного клапана коригується в залежності від швидкісного та навантажувального режимів двигуна.

Відомо, що під час стиснення повітря підвищується його температура. У сучасних наддувних двигунах часто застосовують проміжне охолодження повітря, що надходить від турбокомпресора. З цією метою повітря, стиснене в турбокомпресорі, надходить у спеціальний теплообмінник (інтеркулер) рис. 5.7, 5.8, в якому повітря охолоджується до температури 50-60 °С. Охолодження повітря дає можливість покращити наповнення циліндрів за рахунок збільшення щільності повітря та знизити ймовірність виникнення детонації. Охолодження повітря підвищує потужність двигуна з наддувом приблизно на 20% за одночасного поліпшення паливної економічності.



Рисунок 5.7 – Інтеркулер на дизельному двигуні



Рисунок 5.8 - Інтеркулер

Охолоджувачі наддувного повітря можуть бути як повітряними, у яких наддувне повітря проходить усередині трубок, а охолодний омиває їх зовнішню, збільшену пластинами поверхню, так і рідинними, в яких наддувне повітря охолоджується рідиною із системи охолодження дизеля після проходження її через радіатор.

Інтеркулер - це проміжний елемент в системі подачі повітря в циліндри двигуна, розрахований тільки на одну функцію - охолодження. Може бути присутнім як на дизельних двигунах, так і на бензинових. Основне завдання знизити температуру повітря, що поступає - зробивши його щільнішим, що чудово позначиться на створенні горючої суміші і створить потрібний тиск в циліндрах.

Простими словами можна сказати так - чим холодніше повітря, тим більше його густина, тим більше його надходить в двигун, а отже більше палива можливо спалити в циліндрах при тих же його об'ємах.

У турбованих двигунах стиснене повітря нагрівається до високих температур, до +150 ... +200 градусів Цельсія. Це відбувається з кількох причин:

- стиснення, від цього швидко розігрівається.



- передача температури від вихлопних газів, а вони дуже сильно розігріті.

Все це не дуже добре позначається на роботі турбонаддуву, інтенсивність знижується, тому для зниження температури застосовують інтеркулери.

По суті інтеркулер має дуже просту будову. Зовні він схожий на великий радіатор який повинен відводити тепло від повітря (рис. 5.8). Важливо відзначити - що охолоджуючі патрубки повинні бути максимально довгими (для кращого охолодження) і прямими, інакше якщо вони будуть загинатися це може привести до втрати тиску.

Для максимального ефекту охолодження до цих патрубків приварюють зовнішні додаткові пластинки, для ще більшого відводу тепла. Матеріал зазвичай - мідь або алюміній, тому як тепловіддача у них максимальна. Сам інтеркулер встановлюється між компресором турбіни і впускним колектором. Зазвичай його ховають під бампер автомобіля, або поруч з радіатором охолодження двигуна (є також варіанти установки в крило автомобіля).

*Типи інтеркулерів.* На теперішній час використовують два типи інтеркулерів.

1) Повітряний тип - де охолодження відбувається за допомогою повітряного потоку, що набігає при русі автомобіля, чим швидше машина рухається - тим інтенсивніше відбувається процес.

2) Рідинний - охолодження відбувається завдяки циркуляції охолоджуючої рідини.

Якщо порівняти два цих типи, то найпростіший це повітряний, але він не настільки ефективний і часто досить громіздкий. Тому, зараз багато виробників переходять на рідинні інтеркулери - вони набагато компактніші, та й рідина набагато ефективніше відводить зайву температуру. Однак, такі системи складніші в конструкції та експлуатації.

## **Практичне заняття №6**

### **Системи живлення двигунів із впорскуванням бензину**

#### **1 Мета роботи**

Метою заняття є вивчення загальної будови системи живлення двигунів із впорскуванням бензину, ознайомлення із класифікацією, компонуванням та характеристиками системи живлення двигунів із впорскуванням бензину, керованим електронікою.

#### **2 Обладнання робочого місця**

Навчально-методична література, плакати, розрізи агрегатів системи живлення двигунів із впорскуванням бензином.

#### **3 Короткі теоретичні відомості**

**Загальні положення.** Система впорскування керована електронікою дає змогу оптимізувати процес сумішоутворення, тобто подача палива може

здійснюватися більш оптимально за місцем, часом і потрібною кількістю. Така система дозволяє рівномірно розподілити паливо в циліндрах двигуна, забезпечити краще наповнення циліндрів через зменшення опору системи впуску, підвищує економічність та екологічність двигуна за рахунок приготування суміші нормального складу в режимі середніх навантажень.

На сучасних автомобілях в основному використовуються системи розподіленого (багатоточкового) переривчастого впорскування з електронним керуванням. Дана система є найдосконалішою, оскільки підвищує економічність і поліпшує динаміку автомобіля, знижує токсичність відпрацьованих газів.

Розглянемо будову системи впорскування на прикладі двигуна з нормами токсичності відпрацьованих газів відповідно Євро-3.

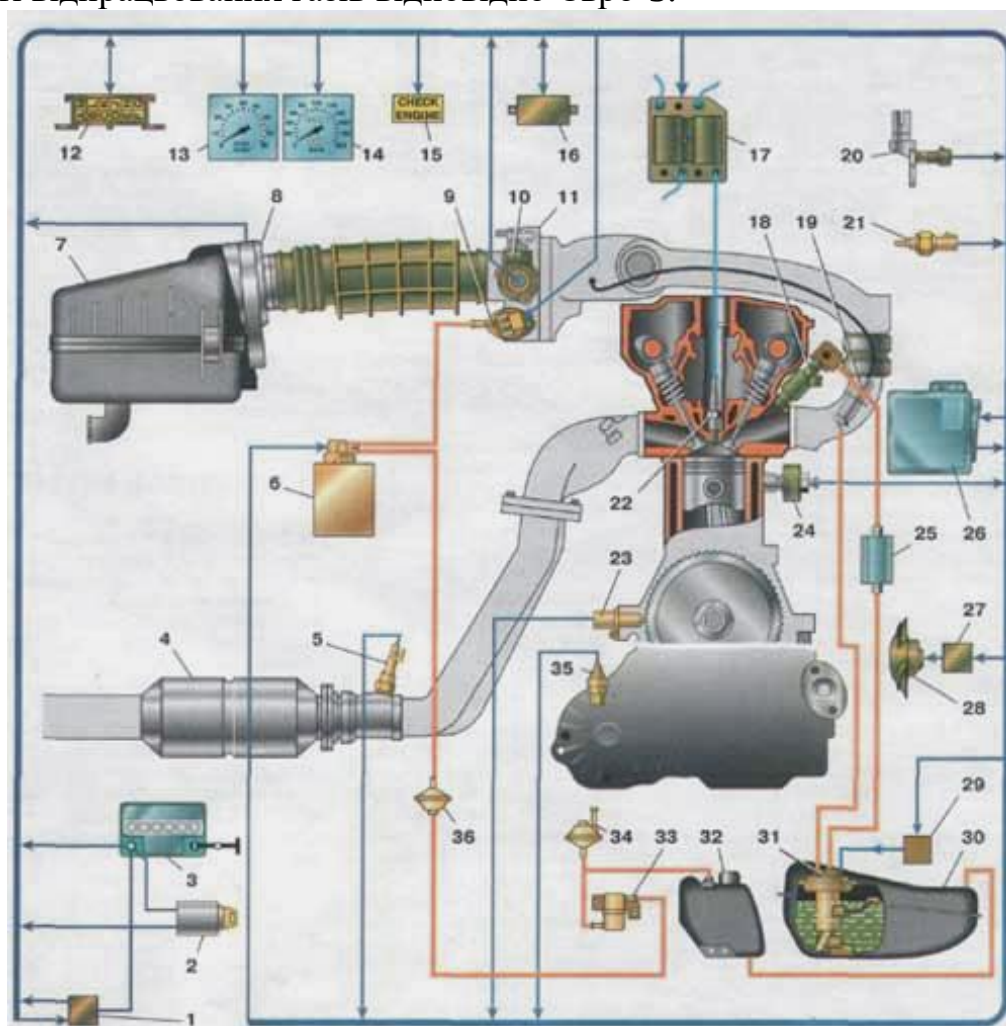


Рисунок 6.1 - Схема системи впорскування двигуна: 1 - реле запалення; 2 - вимикач запалення; 3 - акумуляторна батарея; 4 - нейтралізатор; 5 - датчик концентрації кисню; 6 - адсорбер з електромагнітним клапаном; 7 - повітряний фільтр; 8 - датчик масової витрати повітря; 9 - регулятор холостого ходу; 10 - датчик положення дросельної заслінки; 11 - дросельний вузол; 12 - колодка діагностики; 13 - тахометр; 14 - спідометр; 15 - контрольна лампа "CHECK ENGINE"; 16 - блок керування імобілайзером; 17- модуль запалення; 18 - форсунка; 19 - регулятор тиску палива; 20 - датчик фаз; 21 - датчик температури охолоджувальної рідини; 22 - свічка запалення; 23 - датчик положення колінчастого валу; 24 - датчик детонації; 25

- паливний фільтр; 26 - контролер; 27 - реле включення вентилятора; 28 - електровентилятор системи охолодження; 29 - реле включення електробензонасосу; 30 - паливний бак; 31 - електробензонасос з датчиком рівня палива; 32 - сепаратор парів бензину; 33 - гравітаційний клапан; 34 - запобіжний клапан; 35 - датчик швидкості; 36 - двоходовий клапан.

До цієї системи входить підсистема подачі палива, подачі повітря, електронна система керування та система випуску відпрацьованих газів.

Підсистема подачі палива (рис. 6.2) складається з електробензонасоса, паливного фільтра тонкого очищення, паливопроводів – подавального та зливного, рампи форсунок, регулятора тиску палива.

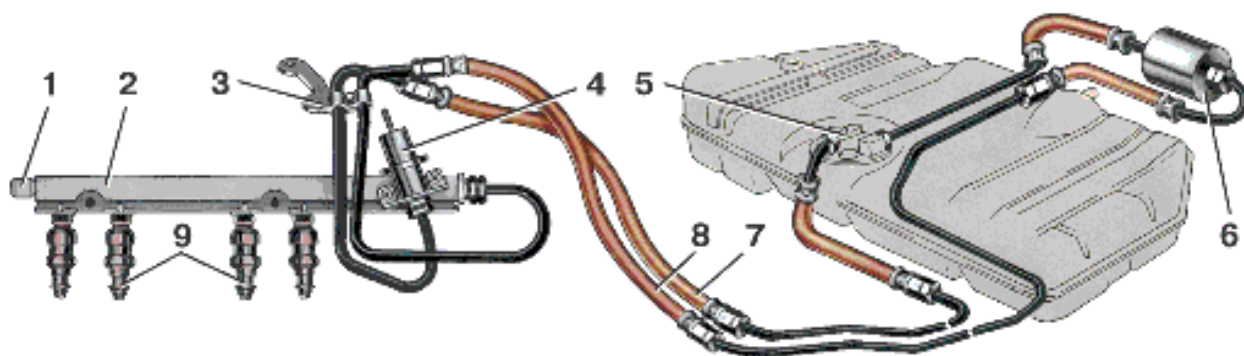


Рисунок 6.2 – Підсистема подачі палива: 1 - пробка штуцера для контролю тиску палива; 2 - рампа форсунок; 3 - скоба кріплення паливних трубок; 4 - регулятор тиску палива; 5 - електробензонасос; 6 - паливний фільтр; 7 - зливний паливопровід; 8-подавальний паливопровід; 9 –форсунки.

Електробензонасос турбінного типу (рис. 6.4), встановлений в паливному баку і входить до складу модулю бензонасосу (рис. 6.3), до якого також входить фільтр грубого очищення палива і датчик рівня палива.



Рисунок 6.3 – Модуль бензонасосу

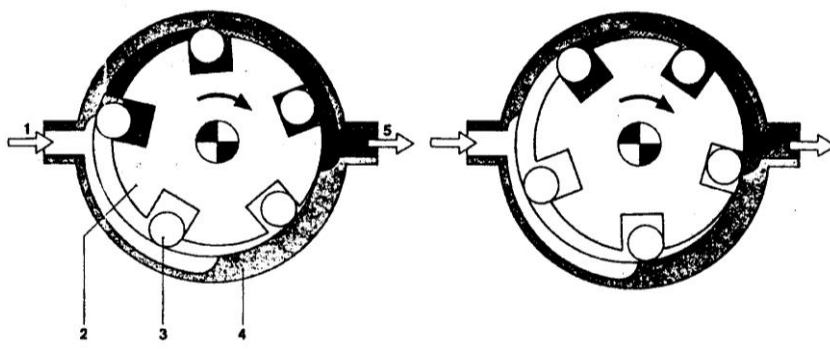


Рисунок 6.4 - Бензонасос: а – електробензонасос; б - секція подачі палива; 1 – всмоктувальна частина; 2 – ротор; 3 – ролик; 4 – корпус насоса; 5 – нагнітальна секція.

Насос подає паливо через магістральний паливний фільтр тонкого очищення до рампи форсунок. Надлишок палива зливається в бензобак по окремій зливній лінії. Бензонасос включається контролером через реле в момент повертання ключа запалення.

Паливний фільтр тонкого очищення (рис. 6.5) вбудований в подавальну магістраль між бензонасосом та рампою форсунок. Фільтр має сталевий корпус з штуцерами з обох торців. Фільтрувальний елемент виготовляється з паперу та призначений для вловлювання частинок забруднень.

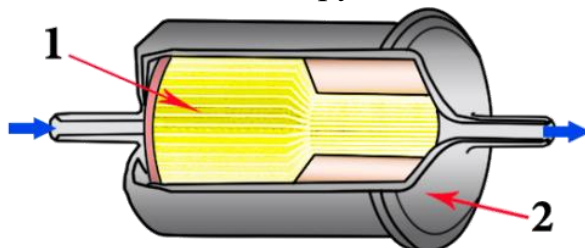


Рисунок 6.5 – Фільтр тонкого очищення: 1 – корпус; 2 – паперовий фільтрувальний елемент.

Рампа форсунок представляє собою пустотілу планку до якої подається паливо, а з неї до форсунок. На рампі форсунок встановлюється діагностичний штуцер для контролю тиску палива.

Регулятор тиску палива (рис. 6.6) представляє собою мембранний запобіжний клапан, який встановлюється на кінці рампи форсунок.

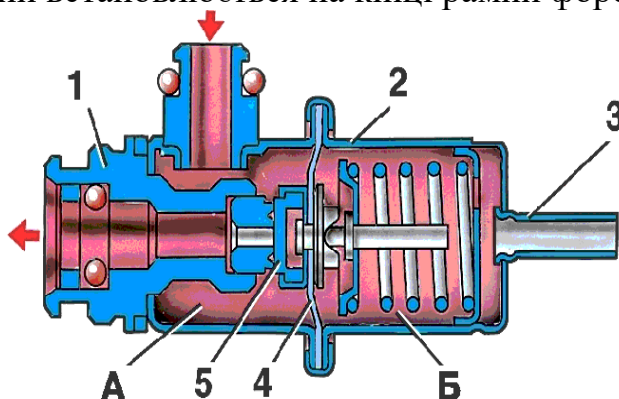


Рисунок 6.6 - Регулятор тиску палива: 1 - корпус; 2-кришка; 3-патрубок для вакуумного шланга; 4 - діафрагма; 5 - клапан; А - паливна порожнина; Б - вакуумна порожнина.

На діафрагму регулятора діє з одного боку тиск палива, з іншого тиск пружини регулятора і тиск розрідження у впускному трубопроводі двигуна.

Функція регулятора полягає в підтриманні постійного тиску палива на форсунках. Регулятор також компенсує зміну навантаження двигуна, збільшуючи тиск палива при збільшенні тиску у впускному трубопроводі (при збільшенні кута відкриття дросельної заслінки). При зменшенні тиску у впускному трубопроводі (зменшення відкриття дросельної заслінки) регулятор зменшує тиск палива у рампі форсунок, при цьому клапан регулятора переливає палива у паливний бак. При включеному запалюванні і непрацюючому двигуні тиск палива складає 0,28...0,32 МПа

Форсунка системи розподіленого впорскування (рис. 6.7) являє собою електромагнітний пристрій, що керується контролером і дозує паливо під тиском у впускний трубопровід двигуна. Форсунки кріпляться на рампі за допомогою пружинних фіксаторів, верхні і нижні кінці форсунок герметизуються ущільнювальними кільцями.

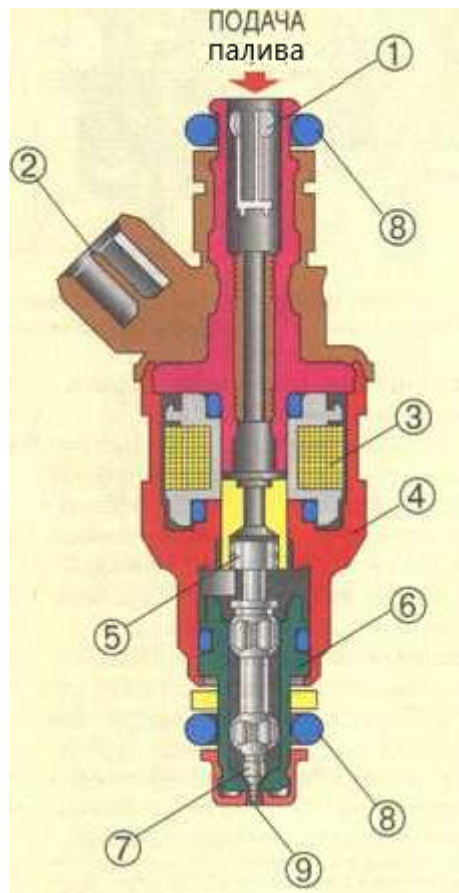


Рисунок 6.7: 1 - фільтр, 2 - електричний роз'єм, 3 - обмотка електромагніту, 4 - корпус форсунки, 5 - сердечник, 6 - корпус клапана, 7 - клапан, 8 – ущільнювальне кільце, 9 – розпилювальний отвір.

Контролер відкриває керуючим сигналом електромагнітний клапан форсунки, при цьому паливо проходить через і направляючу пластину, що забезпечує розпилювання палива. Струм палива спрямовується на впускний клапан. До попадання палива в камеру згорання відбувається його випаровування та змішування з повітрям.

Підсистема подачі повітря включає повітряний фільтр, дросельний патрубок і впускний трубопровід.

Повітряний фільтр встановлений в передній частині підкапотного простору і закріплений на гумових опорах. Фільтруючий елемент фільтра – паперовий з великою площею фільтруючої поверхні. Зовнішнє повітря засмоктується через патрубок забору повітря, розміщений під корпусом фільтра. Потім повітря проходить через фільтруючий елемент, датчик масової витрати повітря шлангу впускної труби, дросельний патрубок. Після дросельного патрубку повітря



спрямовується в канали ресивера впускного трубопроводу, потім в головку циліндрів та в циліндри.

Дросельний патрубок системи розподіленого впорскування (рис. 6.8) закріплений на ресивері. Він дозує кількість повітря, що надходить у впускну трубу. Надходженням повітря у двигун керує дросельна заслінка, з'єднана з приводом педалі акселератора.

Дросельний патрубок має в своєму складі датчик положення дросельної заслінки і регулятор холостого ходу. В проточній частині дросельного патрубка (за дросельною заслінкою) знаходяться отвори розрідження необхідні для роботи системи вентиляції картера на холостому ходу і адсорбера вловлювання парів бензину.

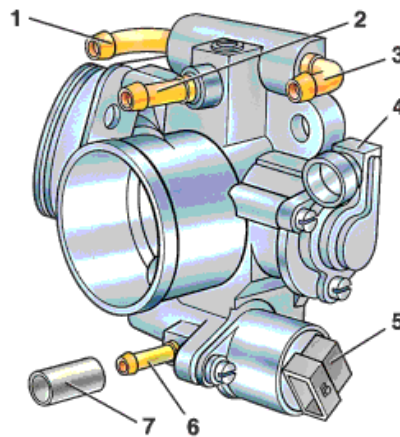


Рисунок 6.8 - Дросельний патрубок: 1 - патрубок підведення охолоджувальної рідини; 2 - патрубок системи вентиляції картера на холостому ходу; 3-патрубок для відведення охолоджувальної рідини; 4 - датчик положення дросельної заслінки; 5 - регулятор холостого ходу; 6 - штуцер для продування адсорбера; 7 -заглушка.

### **Підсистема випуску відпрацьованих газів**

До підсистеми випуску відпрацьованих газів входять випускні канали в головці циліндрів, випускний трубопровід, прийомна труба, каталітичний нейтралізатор, додатковий та основний глушники.

Загалом випускна система з системою впорскування аналогічна карбюраторним двигунам та відрізняється встановленням каталітичного нейтралізатора (рис. 6.9).

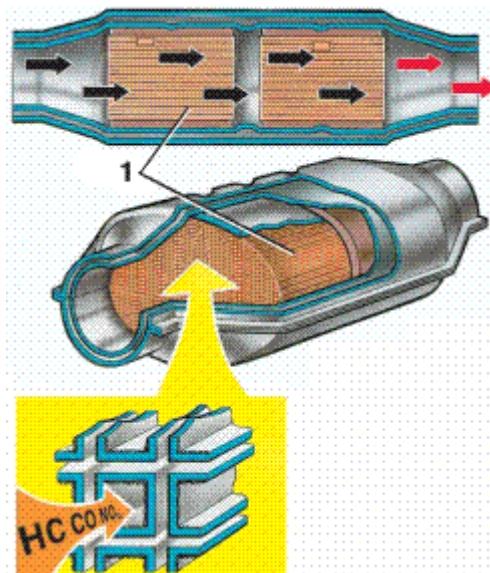


Рисунок 6.9 - Нейтралізатор: 1 - керамічний блок з каталізаторами.

Каталітичний нейтралізатор забезпечує виконання норм вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах відповідно норм Євро 2 і вище. Застосування каталізатора дає значне зниження викидів вуглеводнів, окису вуглецю і окислів азоту з відпрацьованими газами за умов точного керування процесом згорання у двигуні.

Для прискорення процесу перетворення вуглеводнів, окислу вуглецю та окислів азоту в нетоксичні з'єднання нейтралізатор має окислювальний та відновлювальний каталізатори. Окислювальним каталізатором є платина. Вона сприяє окисленню вуглеводнів і окису вуглецю, що містяться у відпрацьованих газах у водяний пар і двоокис вуглецю. Відновлювальним каталізатором є родій. Він прискорює хімічну реакцію відновлення азоту з окислів азоту. При відновленні азоту виділяється кисень. В той же час кисень потребується для нейтралізації вуглеводнів і окису вуглецю. Тому для ефективної роботи нейтралізатора необхідне точне підтримання балансу паливо повітряної суміші, що подається у двигун, яке корегується за допомогою датчика кисню. Підвищений остаточний вміст кисню у відпрацьованих газах (при згоранні бідної суміші) ускладнює відновлення азоту. Занижений вміст кисню (багата суміш) ускладнює окислення окису вуглецю і вуглеводнів. Лише точний баланс паливо повітряної суміші забезпечує ефективну нейтралізацію всіх трьох токсичних компонентів.

Можливою причиною виходу з ладу нейтралізатора є використання етилованого бензину, а також прокладок, що містять силікон і застосування деяких типів моторних масел, що містять сірку і фосфор.

**Електронна система керування двигуном (ЕСКД)** складається з датчиків параметрів стану двигуна, контролера та виконавчих пристроїв. Схема системи представлена на рис. 6.10.

## СХЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ

| Датчики                                             | Контроллер                                                           |                                                            | Виконавчі пристрої                    |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                     | Вхідні параметри    Функції керування                                |                                                            |                                       |
| <u>Датчики синхронізації</u>                        |                                                                      |                                                            |                                       |
| Датчик положення колінчастого валу (ДПКВ)           | Положення колінчастого валу<br>Швидкість обертання колінчастого валу | Паливоподача                                               | Електробензонасос<br>Паливні форсунки |
| Датчик фаз (ДФ)                                     | Положення розподільчого валу                                         | Запалення                                                  | Модуль запалення                      |
| <u>Датчики навантаження</u>                         |                                                                      |                                                            |                                       |
| Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ)         | Положення дросельної заслінки                                        | Регулювання оборотів холостого ходу                        | Регулятор холостого ходу              |
| Датчик масової витрати повітря (ДМВП)               | Масова витрата повітря                                               | Продування адсорбера                                       | Клапан продування адсорбера           |
| <u>Датчики температури</u>                          |                                                                      |                                                            |                                       |
| Датчик температури охолоджувальної рідини (ДТОР)    | Температура охолоджувальної рідини                                   | Вентиляція радіатора системи охолодження                   | Вентилятор системи охолодження        |
| Датчик температури повітря (ДТП)                    | Температура повітря                                                  |                                                            |                                       |
| <u>Датчики зворотного зв'язку</u>                   |                                                                      |                                                            |                                       |
| Керуючий датчик кисню (КДК), він же $\lambda$ -зонд | Наявність кисню перед нейтралізатором                                | Корекція паливоподачі керування нагрівальним елементом КДК | Нагрівач КДК                          |
| Діагностичний датчик кисню (ДДК)                    | Наявність кисню після нейтралізатора                                 | Керування нагрівачем ДДК                                   | Нагрівач ДДК                          |
| Датчик детонації (ДД)                               | Ступінь детонації                                                    | Корекція кута випередження запалення                       | Модуль запалення                      |
| <u>Датчики режиму руху</u>                          |                                                                      |                                                            |                                       |
| Датчик швидкості автомобіля (ДШ)                    | Швидкість автомобіля                                                 | Інформація про швидкість автомобіля                        | Маршрутний комп'ютер                  |
| Датчик нерівної дороги (ДТП)                        | Нерівномірність навантаження                                         | Інформація про нерівномірність навантаження                | Модуль запалення                      |

Рисунок 6.10 – Схема електронної системи керування двигуном.

Електронна система керування двигуном складається з датчиків параметрів стану двигуна, контролерів та виконавчих пристроїв (рис. 6.10).

#### **Датчики синхронізації**

*Датчики повороту колінчастого валу (ДПКВ).* Датчик встановлений біля шківів привода генератора в приливі блоку. Він видає контролеру інформацію про кутове положення колінчастого валу й момент проходження поршнями 1-го й 4-го циліндрів ВМТ. Датчик - індуктивного типу, реагує на проходження зубів диска, виконаних на шківу привода генератора. Зуби розташовані на диску з інтервалом  $6^\circ$ . Для синхронізації із ВМТ два зуби з 60 зрізані, утворюючи западину. При проходженні западини повз датчик у ньому генерується так званий "опорний" імпульс синхронізації. Зазор між сердечником датчика і зубами повинен перебувати в межах  $1 \pm 0,2$  мм.

*Датчик фаз (ДФ).* Розподільний вал управляє впускними й випускними клапанами двигуна. Частота його обертання у два рази нижча, ніж частота обертання колінчастого валу. Коли поршень наближається до верхньої мертвої точки, то по положенню колінчастого валу (показання ДПКВ) неможливо визначити, на якому такті роботи двигуна це відбувається: на такті стиснення чи на такті випуску відпрацьованих газів. Ця інформація актуальна для системи фазованого впорскування, де подача палива здійснюється через одну форсунку в той циліндр, де відбувається такт стиснення безпосередньо перед відкриттям впускного клапана.

Щоб контролер міг чітко визначати, якою з форсунок йому треба управляти в цей момент, використовується сигнал датчика положення розподільного вала. Його ще називають датчиком фаз. У системах керування двигуном автомобілів використовується датчик на основі ефекту Холу. ДФ формує імпульс у той момент, коли такт стиснення доводиться на перший циліндр.

#### **Датчики навантаження**

*Датчик масової витрати повітря (ДМВП).* Датчик масової витрати повітря призначений для перетворення кількості повітря, що надходить у двигун, у напругу постійного струму. Інформація датчика дозволяє визначити режим роботи двигуна й розрахувати циклове наповнення циліндрів повітрям на сталих режимах роботи двигуна, тривалість яких перевищує 0,1 секунди.



Рисунок 6.11 - Датчик масової витрати повітря

Чутливий елемент датчика побудований за принципом терморезистивного

анемометра й виконаний у вигляді платинової нитки, що нагрівається струмом. Нитка нагрівається електричним струмом, а за допомогою термодатчика й схеми управління датчика, її температура вимірюється й підтримується постійною. Якщо через датчик потік повітря збільшується, то платинова нитка починає охолоджуватися, схема управління датчика збільшує струм нагрівання нитки, поки температура її не відновлюється до початкового рівня, у такий спосіб величина струму нагрівання нитки пропорційна витраті повітря. Вторинний перетворювач датчика перетворює струм нагрівання нитки у вихідну напругу постійного струму. Із часом нитка забруднюється, що приводить до зміщення градууювальної характеристики датчика. Для очищення нитки від бруду після вимикання двигуна (при виконанні певних умов) нитка пропалюється до 900—1000°C імпульсом струму протягом 1 секунди.

Датчик має пластмасовий корпус, виконаний у вигляді патрубку із прохідним перетином 60 мм у діаметрі, на кінцях патрубка встановлені захисні ґрати. У трубці корпуса розміщений чутливий елемент датчика (платинова нитка) і терморезистор.

Датчик масової витрати повітря має вбудований датчик температури повітря (ДТВ). При аварії ДМВП його показання ігноруються, розрахунок іде по аварійних таблицях.

*Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ).* Сигнал ДПДЗ використовується контролером системи керування двигуном для розрахунку кутового положення дросельної заслінки. ДПДЗ монтується на дросельному патрубку, при повороті дросельної заслінки її вісь передає свій рух на датчик. ДПДЗ являє собою резистор потенціометричного типу. На одне плече потенціометра подається опорна напруга з контролера, друге плече з'єднане з “масою”. Третій контакт датчика з'єднаний з рухливим контактом потенціометра. Вихідний сигнал ДПДЗ змінюється пропорційно куту повороту дросельної заслінки. Мінімальне значення напруги датчика, встановлене контролером на режимі холостого ходу, використовується як початок відліку, тобто 0% відкриття дросельної заслінки. За сигналом ДПДЗ контролер визначає поточний режим роботи двигуна. Повністю закрыта дросельна заслінка відповідає режиму холостого ходу. При більших кутах відкриття дросельної заслінки відбувається перехід на режим роботи, при якому досягається максимальний момент або максимальна потужність двигуна. При проміжних значеннях відкриття дросельної заслінки (режим часткових навантажень) контролер підтримує стехіометричний склад паливоповітряної суміші. За сигналами ДПКВ і ДПДЗ контролер визначає навантаження двигуна. Цей параметр використовується для розрахунку паливоподачі й кута випередження запалювання у випадку несправності ДМВП. Для компенсації короткочасного збіднення паливоповітряної суміші при швидкому відкритті дросельної заслінки контролер розраховує добавку до базової паливоподачі, використовуючи інформацію про збільшення сигналу ДПДЗ.

### **Датчики температури**

*Датчики температури повітря (ДТВ).* Датчик вбудований у датчик масової витрати повітря. Чутливим елементом датчика є термістор (резистор, що змінює опір залежно від температури), установлений у потоці повітря. Вихідний сигнал



датчика температури повітря являє собою напругу постійного струму в діапазоні 0...5 В, величина якої залежить від температури повітря, що проходить через датчик. Контролер використовує показання датчика для розрахунку тривалості імпульсів упорскування палива. Особливе значення це має при пуску двигуна. При несправності датчика температури контролер замінює його показання фіксованим значенням (45° С).

*Датчик температури охолоджуючої рідини.* Датчик встановлений у потоці охолоджуючої рідини двигуна на патрубку, що відводить. Чутливим елементом датчика температури охолоджуючої рідини є термістор, тобто резистор, електричний опір якого змінюється залежно від температури.

#### **Датчики зворотного зв'язку**

*Керуючий датчик кисню.* Датчик встановлений у прийомній трубі системи випуску відпрацьованих газів. Кисень, що міститься у відпрацьованих газах, створює різницю потенціалів на виході датчика, що змінюється приблизно від 0,1 В (багато кисню - бідна суміш) до 0,9 В (мало кисню - багата суміш). За сигналом від датчика кисню контролер корегує подачу палива форсунками так, щоб склад відпрацьованих газів був оптимальним для ефективної роботи нейтралізатора (напруга кисневого датчика - близько 0,5 В). Для нормальної роботи датчик кисню повинен мати температуру не нижче 360°С, тому для швидкого прогріву після запуску двигуна в нього вбудований нагрівальний елемент. Контролер постійно видає в ланцюг датчика кисню стабілізовану опорну напругу  $0,45 \pm 0,10$  В. Поки датчик не прогрітий, опорна напруга залишається незмінною. При цьому контролер управляє системою упорскування ігноруючи показання датчика кисню. Як тільки датчик прогріється, він починає змінювати опорну напругу. Тоді контролер відключає нагрівач датчика й починає враховувати сигнал датчика кисню.

Найпоширеніший тип - цирконієвий кисневий датчик. По суті він є перемикачем, що різко міняє свій стан на рубежі 0,5% кисню в складі вихлопних газів. Ця кількість кисню відповідає ідеальному стехіометричному співвідношенню повітря/паливо 14.7:1. Прогрітий датчик (більше 300 °С) при кількості кисню менш 0,5% сигналізує про багату суміш, а при кількості кисню більше 0.5% - про бідну суміш. Якщо блок керування визначає сигнал бідної суміші - паливо додається. Якщо в наступний вимірювальний період блок керування бачить сигнал багатой суміші - то подача палива зменшується. У такий спосіб стан системи постійно коливається навколо оптимальної величини й подача палива налаштовується за практичними результатами згоряння. Це дозволяє системі адаптуватися до різних умов роботи.

*Діагностичний датчик кисню (ДДК).* Для зниження вмісту вуглеводнів, окису вуглецю й окислів азоту у відпрацьованих газах, використовується каталітичний нейтралізатор. Контролер стежить за окислювально-відновними властивостями нейтралізатора, аналізуючи сигнал діагностичного датчика кисню (ДДК), встановленого після нейтралізатора. ДДК працює за тим же принципом, що й УДК. Сигнал, що генерується ДДК, указує на наявність кисню після нейтралізатора. Якщо нейтралізатор працює нормально, показання ДДК будуть значно відрізнятися від показань УДК.

*Датчик детонації (ДД).* У двигунах внутрішнього згоряння з іскровим

запалюванням за певних умов можуть виникнути аномальні процеси згоряння, які приводять до зниження потужності й коефіцієнта корисної дії двигуна. Це небажане явище називається детонацією і є наслідком samozапалювання ще не охопленої полум'ям свіжої паливоповітряної суміші. При цьому швидкість поширення полум'я може бути вище 2000 м/с, у той час як швидкість нормального згоряння становить близько 30 м/с. При такому ударному згорянні в камері створюється високий тиск. При тривалій детонації підвищений тиск і термічне навантаження можуть привести до механічних ушкоджень прокладки головки блоку циліндрів, поршня й головки в зоні клапанів. Характерні коливання детонаційного згоряння реєструються датчиком детонації, перетворюються в електричний сигнал і передаються в контролер системи керування двигуном. Конструктивно датчик детонації являє собою акселерометр, тобто п'єзокерамічний прилад, що перетворює енергію механічних коливань блоку циліндрів двигуна в електричний сигнал. Інакше кажучи, це приймач звукових коливань у твердих тілах. При виникненні вібрації інерційна маса впливає на п'єзоелемент із відповідною частотою й зусиллям, у результаті виникнення п'єзоефекту на контактах з'являється електричний сигнал. У контролері вихідний сигнал датчика детонації піддається спеціальній обробці для виявлення моменту виникнення детонаційного згоряння паливоповітряної суміші. Велике значення має місце установки датчика детонації на двигуні. При його виборі керуються наступними критеріями:

- сигнали детонації від кожного циліндра не повинні сильно різнитися за рівнем;
- рівень сигналу повинен мати достатню для його подальшої обробки величину;
- перешкоди, що виникають від інших шумів працюючого двигуна, повинні бути мінімальними.

Важливими характеристиками датчика детонації є: температурний діапазон. Датчик повинен бути працездатним при температурі до 150—200°C.

### **Датчики руху**

*Датчик швидкості (ДС).* Для роботи системи керування двигуном необхідна інформація про рух автомобіля. Про наявність руху й швидкості автомобіля контролер робить висновок по сигналах з датчика швидкості. Він установлюється на коробці передач і видає шість імпульсів на один метр руху автомобіля. У цьому датчику також використовується ефект Холла, а вихідні параметри сигналів ідентичні сигналам датчика фаз. Сигнал з датчика швидкості подається не тільки в контролер системи керування двигуном, але й на бортовий комп'ютер, якщо такий встановлюється на автомобілі.

*Датчик нерівної дороги.* Датчик нерівної дороги розташований у моторному відсіку на лівій стійці передньої підвіски. Датчик призначений для виміру коливань кузова автомобіля. Принцип його дії заснований на п'єзоефекті. Виникаючі при русі автомобіля по нерівній дорозі коливання кузова впливають на кутову швидкість обертання колінчастого вала. Створені при цьому коливання частоти обертання колінчастого вала схожі на ті коливання, які виникають при пропуску запалювання. Для виключення цієї помилки контролер при перевищенні сигналу датчика нерівної дороги певного порога відключає функцію діагностики пропусків запалювання,

ігноруючи сигнали датчика детонації.

### **Контролер**

Система керування двигуном управляється контролером, який представляє собою мінікомп'ютер спеціального призначення. Він містить три види пам'яті: оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), програмований постійний запам'ятовуючий пристрій (ППЗП) і електрично програмований запам'ятовуючий пристрій (ЕПЗП). ОЗП використовується комп'ютером для зберігання поточної інформації про роботу двигуна і її обробку. Також в ОЗП записуються коди несправностей. Ця пам'ять енергозалежна, тобто при відключенні живлення від акумулятора її вміст стирається. ППЗП містить власне програму (алгоритм) роботи комп'ютера і набір так званих "карт" (maps), у яких відбита необхідна для роботи програми інформація. При цьому сама програма більш-менш стандартна для будь-якого двигуна, однак карти, що використовуються нею, унікальні для кожної моделі й кожної модифікації двигуна. Для більшої наочності можна уявити собі найпростішу програму, що працює із двома картами, одна з яких являє собою тривимірну таблицю, у якій по горизонталі (уздовж осі X) задані значення маси повітря, по вертикалі (уздовж осі Y) - значення обертів двигуна, а уздовж осі Z - значення кутів відкриття дросельної заслінки. На перетині всіх трьох колонок і стовпців таблиці проставлені значення кількості палива, яких необхідно впорснути за даних умов роботи двигуна. У другій карті, двовимірної, задані відповідності між кількістю палива й часом відкриття форсунок, у результаті із цієї карти програма може встановити тривалість електричного імпульсу, що повинен бути поданий на форсунки. У процесі роботи програма кожні декілька мілісекунд опитує датчики, порівнює отримані значення із заданими в першій карті, вибирає відповідні значення кількості палива, потім переходить до другої карти й вибирає виходячи із цього значення необхідний час відкриття форсунок. Далі подається імпульс на форсунки після цього цикл вважається завершеним. Описаний процес відрізняється від реального тем, що насправді таких карт більше й у них відбиті взаємні залежності набагато більшого числа параметрів, ніж було перераховано, у тому числі навантаження на двигун, температура двигуна, температура повітря й навіть висота над рівнем моря. Але мета роботи програми керування та ж - кінцевим результатом збору й обробки даних від датчиків повинна бути тривалість електричного імпульсу на форсунку. Таким чином, вся складність полягає не в написанні програми, яка звіряється послідовно з декількома картами й у результаті "добирається" до певного значення, а в самих картах, які повинні бути дуже точними й підібрані під конкретну модифікацію двигуна. Крім цього, контролер управляє також і кутом випередження запалювання, залежність якого від різних поточних параметрів роботи двигуна також задається відповідними картами.

В ЕПЗП записуються коди імобілайзера при „навчанні” протиугінної системи.

### **Зворотний зв'язок**

Зворотний зв'язок у системі в системі впорскування, забезпечується лямбда-зондом (датчиком кисню). Необхідність його обумовлена тим, що які б не були точні карти, що перебувають у пам'яті комп'ютера, кожен екземпляр двигуна тією чи іншою мірою відрізняється від інших і вимагає індивідуального підстроювання

паливної системи. У процесі експлуатації двигуна також відбуваються зміни, пов'язані з його старінням і зношуванням, і які теж необхідно компенсувати. Крім цього, самі карти можуть бути складені не оптимально для деяких поєднань зовнішніх умов і режимів роботи двигуна й, таким чином, вимагати корегування. Саме ці завдання й дозволяє вирішити наявність зворотного зв'язку. Але головна мета при вирішенні всіх цих завдань - це досягнення найбільш повного згоряння паливної суміші в циліндрах двигуна для одержання найкращих характеристик його токсичності. Суть зворотного зв'язку полягає в наступному. Після того, як комп'ютер визначив необхідну кількість палива, яку потрібно впорснути в даний момент роботи двигуна виходячи з поточних умов і режиму його роботи, паливо згоряє й вихлопні гази надходять у випускну систему. У цей момент із датчика кисню зчитується інформація про вміст кисню у вихлопних газах, на підставі чого робиться висновок про склад паливної суміші та необхідність його корекції. Таким чином, комп'ютер постійно перевіряє свої розрахунки за кінцевим результатом, інформацію про який він одержує від датчика кисню, і, якщо це потрібно, виконує остаточне точне підстроювання складу паливної суміші.

### **Робота системи впорскування палива**

Склад суміші регулюється тривалістю керуючого імпульсу, що подається на форсунки (чим триваліший імпульс, тим більша подача палива). Паливо може подаватися "синхронно" (залежно від положення колінчатого вала) і "асинхронно" (незалежно від положення колінчастого вала). Останній режим використовується при пуску двигуна. Якщо при прокручуванні двигуна стартером дросельна заслінка відкрита більш ніж на 75%, контролер сприймає ситуацію як режим продувки циліндрів (так система працює, якщо є підозра, що свічки залиті бензином) і не видає імпульси на форсунки, перекиваючи подачу палива. Якщо в ході продувки двигун почне працювати і його оберти досягнуть 400 хв-1, контролер включити подачу палива. При гальмуванні двигуном контролер збіднює суміш для зниження токсичності відпрацьованих газів, а на деяких режимах і зовсім відключає подачу палива. Подача палива відключається й при вимиканні запалювання, що запобігає samozапалюванню суміші в циліндрах двигуна (дизелінг). При зниженні напруги живлення контролер збільшує час накопичення енергії в котушках запалювання (для надійного запалювання паливної суміші) і тривалість імпульсу впорскування (для компенсації збільшення часу відкриття форсунки). При збільшенні напруги живлення час накопичення енергії в котушках запалювання й тривалість імпульсу, що подається на котушки, зменшуються. Контролер управляє включенням електроventилятора системи охолодження (через реле) залежно від температури двигуна, частоти обертання колінчастого валу й роботи кондиціонера (якщо він установлений). Електроventилятор включається, якщо температура охолоджувальної рідини перевищить 104°C або включений кондиціонер. Електроventилятор вимикається при зниженні температури охолоджуючої рідини нижче 101°C, вимиканні кондиціонера, зупинці двигуна (із затримкою в кілька секунд).

## Режими роботи системи впорскування

Контролер системи керування впорскуванням із зворотним зв'язком, у процесі роботи може перебувати в одному із двох режимів керування - або в режимі замкнутого контуру (closed loop), коли він використовує інформацію датчика кисню з метою точного корегування, або в режимі розімкнутого контуру (open loop), коли він ігнорує цю інформацію. Нижче ми розглянемо основні режими роботи двигуна й режими керування.

1. *Запуск двигуна.* У момент запуску, залежно від температури як самого двигуна, так і навколишнього повітря, необхідна збагачена паливна суміш із підвищеним процентним вмістом палива. Співвідношення повітря/паливо в цьому режимі варіюється в середньому від 2:1 до 12:1. У цьому режимі контролер системи працює в режимі розімкнутого контуру.

2. *Прогрів двигуна до робочої температури.* Після запуску двигуна контролер постійно перевіряє поточну температуру двигуна й залежно від цього параметра робить розрахунок складу паливної суміші, а також встановлює необхідну величину „прогрівних” обертів за допомогою повітряного клапана ISC (Idle Speed Control). У процесі прогріву двигуна з ростом температури співвідношення повітря/паливо змінюється комп'ютером у бік збідніння, а „прогрівні” оберти також зменшуються. У цей же час відбувається розігрівання датчика кисню у випускному колекторі до робочої температури. Комп'ютер при цьому працює в режимі розімкнутого контуру.

3. *Холостий хід.* По досягненні заданої температури двигуна й за умови достатнього для роботи температури датчика кисню (датчик кисню починає видавати правильні показання тільки при температурі від 300С і вище) комп'ютер перемикається в режим замкнутого контуру й починає використовувати показання датчика кисню для підтримки стехіометричного складу паливної суміші (14.7:1), що забезпечує найменший рівень вмісту токсичних речовин у вихлопних газах.

4. *Рух з постійною швидкістю, плавне збільшення або зменшення швидкості.* У цьому випадку контролер також перебуває в режимі замкнутого контуру й використовує показання датчика кисню. Можливо розкрутити двигун хоч до 6500 хв<sup>-1</sup>, наполовину натиснувши педаль газу, але контролер все рівно буде залишатися в режимі замкнутого контуру, забезпечуючи склад паливної суміші в межах приблизно від 14.5:1 до 15.9:1.

5. *Різке прискорення.* Як тільки натискається педаль газу "у підлогу" і повністю відкривається дросельна заслінку - контролер переходить у режим розімкнутого контуру. Під навантаженням система може перемкнутися в режим розімкнутого контуру трохи раніше - уже при відкритті дросельної заслінки на 68 або більше відсотків від її ходу. При цьому контролер буде підтримувати склад паливної суміші в межах від 11.9:1 до 12:1 для одержання більшої потужності.

6. *Примусовий холостий хід (гальмування двигуном).* Комп'ютер також переходить у режим розімкнутого контуру у випадках, коли поточні оберти двигуна перевищують величину обертів холостого ходу, а дросельна заслінка повністю закрыта - наприклад, коли автомобіль рухається під ухил, забравши ногу з педалі газу й не виключивши передачу. При цьому контролер забезпечує збіднений склад паливної суміші.



Таким чином, більшу частину часу система перебуває в режимі замкнутого контуру, що забезпечує оптимальний склад паливної суміші. Більше того, перебуваючи в цьому режимі, контролер "самонавчається", корегуючи й модифікуючи карти, використовувані в режимі розімкнутого контуру, адаптуючи їх до поточних умов експлуатації й стану двигуна. Тобто, якщо контролер визначає, що в режимі замкнутого контуру для досягнення оптимального згоряння йому доводиться увесь час збагачувати паливо-повітряну суміш наприклад на 5% щодо базових значень, прописаних у відповідних картах, то через якийсь час, коли він упевниться в стабільності цього коригувального коефіцієнта, контролер відповідним чином модифікує самі карти, тим самим впливаючи й на сумішоутворення в режимі розімкнутого контуру. Процес "самонавчання" називається "long term fuel trim". Варто помітити, що модифіковані карти зберігаються тільки в енергозалежній пам'яті комп'ютера, тому після відключення акумулятора відновлюються заводські значення цих карт, і комп'ютер повинен "самонавчатися" заново.

#### **4. Порядок виконання роботи**

В ході виконання роботи здобувач повинен ознайомитись із загальною будовою, компоновкою та характеристиками систем живлення двигунів із впорскуванням палива та відповісти на контрольні запитання до роботи.

Після ознайомлення з теоретичною частиною, плакатами, загальними видами та розрізами двигунів здобувач повинен виконати та представити до захисту звіт з проведеної роботи.

#### **5. Зміст звіту та порядок захисту роботи**

В звіті по роботі студент повинен на підставі завдання, виданого викладачем:

- виконати схему системи живлення двигуна;
- дати характеристику системи живлення двигуна, в якій слід відобразити характерні особливості конструкції її основних агрегатів, приборів та деталей:

1) характеристика системи впорскування заданого двигуна (відповідно класифікації);

2) характеристика підсистеми подачі палива заданого двигуна (основні агрегати, що входять до підсистеми подачі палива, тиск в системі впорскування);

3) характеристика підсистеми подачі повітря заданого двигуна (основні агрегати, що входять до підсистеми).

4) який контролер застосовується в системі керування двигуном;

5) які датчики має задана система керування двигуном?

6) зазначити наявність зворотного зв'язку в системі керування;

7) зазначити наявність каталітичного нейтралізатора;

8) зазначити наявність системи вловлювання парів бензину;

9) зазначити наявність системи рециркуляції відпрацьованих газів;

10) описати роботу системи на різних режимах.

При захисті роботи студент повинен представити на перевірку виконаний звіт і відповісти на поставлені викладачем контрольні питання.

## **6. Контрольні питання**

1. Наведіть класифікацію систем живлення двигунів з впорскуванням бензину.
  2. Які підсистеми входять до системи впорскування бензинових двигунів?
  3. Які агрегати входять в підсистему подачі палива двигунів з впорскуванням бензину?
  4. Якого типу використовується бензиновий насос системи впорскування?
  5. Якого типу використовуються форсунки в системах впорскування керованих електронікою?
  6. Будова та принцип дії електромагнітної форсунки системи впорскування.
  7. Яке призначення та конструкція рампи форсунок?
  8. Яке призначення, конструкція та принцип дії регулятора тиску палива?
  9. Призначення та основні складові електронної системи керування двигуном?
  10. Призначення контролера системи електронної системи керування двигуном.
  11. Назвіть види запам'ятовуючих пристроїв контролера та їх функціональне призначення.
  12. Яке призначення, будова та місце встановлення датчика повороту колінчастого валу двигуна?
  13. Яке призначення, будова та місце встановлення датчику фаз?
  14. Яке призначення, будова та місце встановлення датчика масової витрати повітря?
  15. Яке призначення, будова та місце встановлення датчика положення дросельної заслінки?
  16. Яке призначення, будова та місце встановлення керуючого датчика кисню?
  17. Яке призначення діагностичного датчика кисню?
  18. Яке призначення датчика детонації?
  19. Призначення та будова каталітичного нейтралізатора.
  20. Як працює система впорскування на режимі пуску холодного двигуна?
  21. Як працює система впорскування на номінальному режимі?
- Як працює система впорскування на режимі максимальних навантажень?

### Список використаних джерел

1. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія". Київ: Урожай, 2002. 324с.
2. Боровських Ю.І., Буральов Ю.В., Морозов К.А. Будова автомобілів. Київ: «Вища школа», 1991р.
3. Будова автомобіля і трактора. Частина 1. Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Укл. Люлька В.С., Перинський Ю.Є., Коньок М.М., Бивалькевич Л.М. Чернігів: ЧНПУ, 2014. 124 с.
4. Головчук А.Ф., Гапченко О.І., Денисюк В.М., Семикоз І.І., Процьков В.З., Трактори. Навчально-наочний посібник. – Київ 2008 р. – 169 с.
5. Грудей Д.А. Двигун внутрішнього згоряння: Методичний посібник [Електронний ресурс]. Чернівці, 2011. 78с. Режим доступу <http://skaz.com.ua/sport/7578/index.html?page>.
6. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згорання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти вищих навчальних закладів. / Укл. Маркович С.І., Бевз О.В. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. 315 с.
7. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. - Луцьк: ЛНТУ, 2011 – 233 с.
8. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-е вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.
9. Круглов С.М. Будова, технічне обслуговування і ремонт легкових автомобілів. Київ. 1986. 238с.
10. М.Ф. Бойко. Трактори і автомобілі. Ч. 2 Електрообладнання: Навч. посіб. – К.: Вища освіта, 2001. – 243 с.: іл.
11. Трактори і автомобілі. Ч. 1 Автотракторні двигуни: Навч. посіб. / М.Г. Сандомирський, М.Ф. Бойко, А.Т. Лебедев та ін.; За ред. проф. А.Т. Лебедева. – К.: Вища шк., 2000. – 357 с.: іл.
12. Трактори і автомобілі. Ч. 3 Шасі: Навч. посіб. / А.Т. Лебедев, В.М. Антощенко, М.Ф. Бойко та ін.; За ред. проф. А.Т. Лебедева. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.: іл.
13. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом «Агрономія» / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 560 с.
14. Трактори та автомобілі: Підручник / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча, С.О. Войцехівський. – К.: Вища освіта, 2003. – 324 с.

Навчально-методичне видання

## Трактора та автомобілі

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Трактори та автомобілі” для здобувачів вищої освіти спеціальності 201 „Агрономія”/Укл. Красота М.В., Магопець С.О., Кулешков Ю.В., Шепеленко І.В., Бевз О.В., Осін Р.А., Руденко Т.В. - 2024 - 82 с.

Укладачі: Красота Михайло Віталійович

Магопець Сергій Олександрович

Кулешков Юрій Володимирович

Шепеленко Ігор Віталійович

Бевз Олег Вікторович

Осін Руслан Анатолійович

Руденко Тимофій Вікторович

Комп’ютерний набір і верстка Красота М.В.