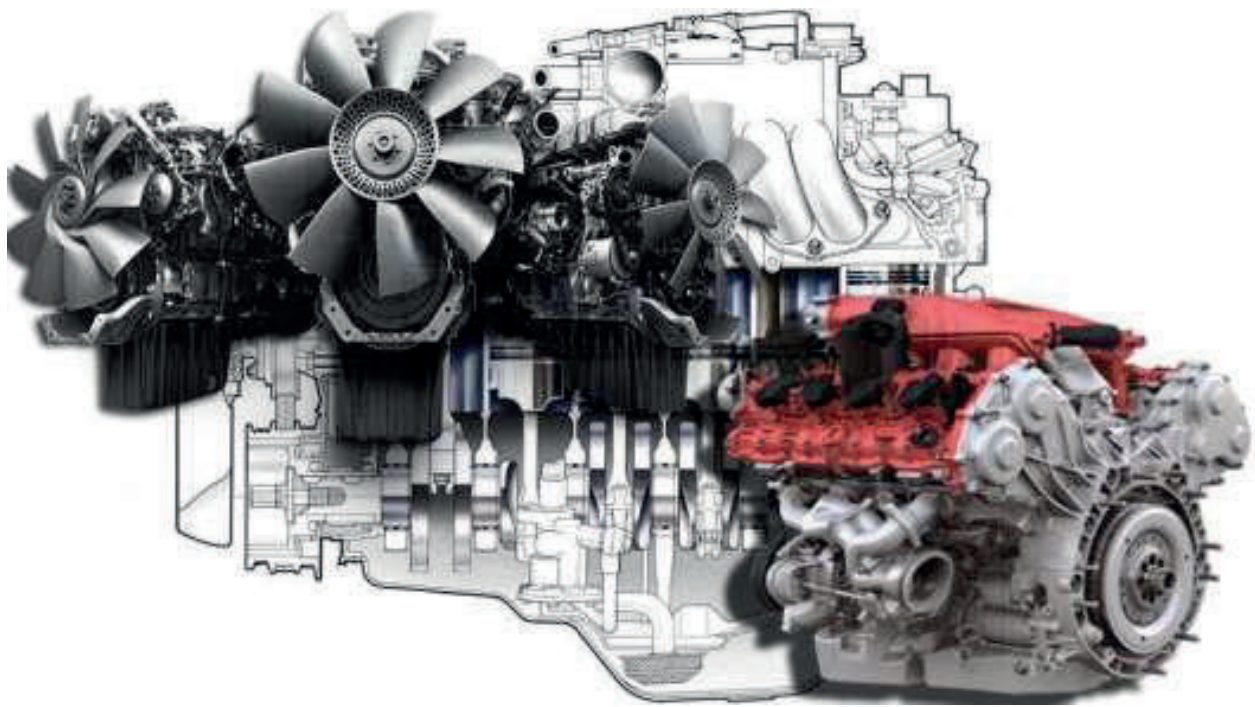


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ДРОГОБИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

**КОНСТРУКЦІЯ АВТОМОБІЛЯ:
лабораторний практикум**

Частина I. Механізми та системи двигуна



Дрогобич – 2023

УДК 629.3(075.8)
С42

**Рекомендовано до друку вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка
(протокол № 5 від 6 квітня 2023 р.)**

Скварок Ю.Ю., Павловський Ю.В., Попович В.Д. Конструкція автомобіля: лабораторний практикум. Частина 1. Механізми та системи двигуна. Дрогобич: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2023. 81 с.

Навчально-методичний посібник укладено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Конструкція автомобіля» освітньої програми «Професійна освіта (Транспорт, обслуговування та ремонт автомобілів)», затвердженої вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Посібник містить методичні вказівки до виконання завдань лабораторних занять, тематика яких охоплює механізми та системи автомобільного двигуна. Наведені інструктивні матеріали до лабораторних робіт мають обширні теоретичні відомості та добре ілюстровані.

Призначений для студентів вищих навчальних закладів, які вивчають будову автомобілів.

Рецензенти:

Нищак Іван Дмитрович, доктор педагогічних наук, професор кафедри технологічної та професійної освіти Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка;

Малик Володимир Ярквич, кандидат технічних наук, доцент, викладач вищої категорії, викладач-методист Дрогобицького фахового коледжу нафти і газу

Відповідальний за випуск: Пагута Мирослав Вікторович – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри технологічної та професійної освіти Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

© Ю.Скварок, Ю.Павловський, В.Попович, 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні теоретичні відомості.....	5
Лабораторна робота № 1. Вивчення будови та роботи кривошипно-шатуного та газорозподільного механізмів двигуна.....	23
Лабораторна робота № 2. Вивчення будови та роботи систем мащення та охолодження автомобільних двигунів.....	40
Лабораторна робота № 3. Вивчення будови та роботи системи живлення бензинових двигунів.....	51
Лабораторна робота № 4. Вивчення будови та роботи системи живлення дизельних двигунів.....	64
Лабораторна робота № 5. Вивчення будови та роботи акумуляторної системи живлення дизельних двигунів Common Rail.....	73
Список використаних джерел.....	81

ВСТУП

Навчально-методичний посібник містить 5 інструкцій до лабораторних робіт, тематика яких охоплює механізми та системи двигуна. Наведені інструкції до лабораторних робіт мають обширні теоретичні відомості та добре ілюстровані. Кожна інструкція містить питання для самопідготовки та самоконтролю, послідовність виконання роботи, завдання до звіту, рекомендовану літературу.

Наведений в інструкціях теоретичний матеріал можна використати не тільки при підготовці до лабораторної роботи, але й при опрацюванні питань лекційних занять та при підготовці до написання контрольних робіт і складання екзаменів.

Звіт з лабораторної роботи повинен мати:

- тему;
- мету;
- виконані завдання для звіту (заповнені таблиці; виконані схеми механізмів, систем чи агрегатів з їх назвою та специфікацією; опис роботи механізма чи системи, агрегату).

Виконання і захист лабораторної роботи оцінюється згідно з силябусом навчальної дисципліни.

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. Класифікація та загальна будова поршневих двигунів внутрішнього згорання

Ознаки класифікації поршневих двигунів внутрішнього згорання:

- вид палива (рідке, газове, комбіноване);
- спосіб здійснення робочого циклу (двотактні, чотиритактні);
- спосіб приготування пальної суміші (зовнішнє та внутрішнє сумішоутворення);
- спосіб запалювання пальної суміші (від іскри чи від стиску);
- спосіб охолодження (повітряне, рідинне);
- кількість та розміщення циліндрів (одноциліндрові та багатociліндрові, однорядні, дворядні, трирядні).

Загальна будова поршневого двигуна внутрішнього згорання

Механізми двигуна:

- кривошипно-шатунний;
- газорозподільний.

Системи двигуна:

- живлення;
- мащення;
- охолодження;
- запалювання (відсутня на дизельних двигунах);
- запуску.

Основні терміни та визначення, прийняті для двигунів:

- робочий цикл (сукупність процесів (впуск, стиск, горіння, розширення, випуск) які у певній послідовності протікають в циліндрах двигуна і в процесі яких теплова енергія згорання палива перетворюється в механічну);
- мертві точки (положення кривошипно-шатунного механізма, при яких вісь шатуна лежить в площині кривошипа; в.м.т. – верхня мертва точка, н.м.т. – нижня мертва точка);
- хід поршня S (величина переміщення поршня між мертвими точками);
- такт (сукупність процесів, що протікають в циліндрі двигуна під час одного ходу поршня);
- характерні об'єми циліндра (повний V_a – об'єм над поршнем, коли той перебуває у н.м.т.; робочий V_h – об'єм між в.м.т. та н.м.т.; камери згорання V_c – об'єм над поршнем, коли той перебуває у в.м.т.; $V_h = (\pi D^2 / 4) S$, де D – діаметр циліндра);
- літраж двигуна – $i \cdot V_h$, де i – кількість циліндрів двигуна;
- ступінь стиснення – $\epsilon = V_a / V_c$;
- коефіцієнт наповнення – $\eta = Q_{\phi} / Q_T$, де Q_{ϕ} – фактична кількість пальної суміші, що попала в циліндр двигуна, Q_T – теоретично можлива кількість

пальної суміші, яка могла б заповнити робочий об'єм циліндра при тиску і температурі навколишнього середовища.

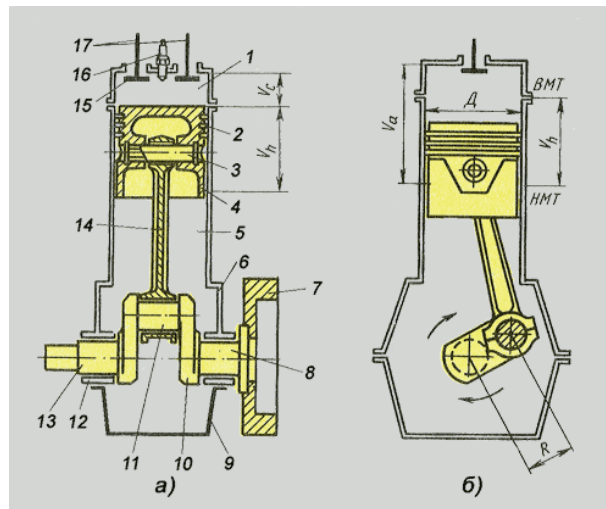


Рис. 1. Характерні об'єми циліндра

Індикаторні діаграми робочого циклу двигунів

Індикаторна діаграма – графічна залежність тиску в циліндрі двигуна від об'єму над поршнем (або від переміщення поршня, або від кута повороту колінчастого вала).

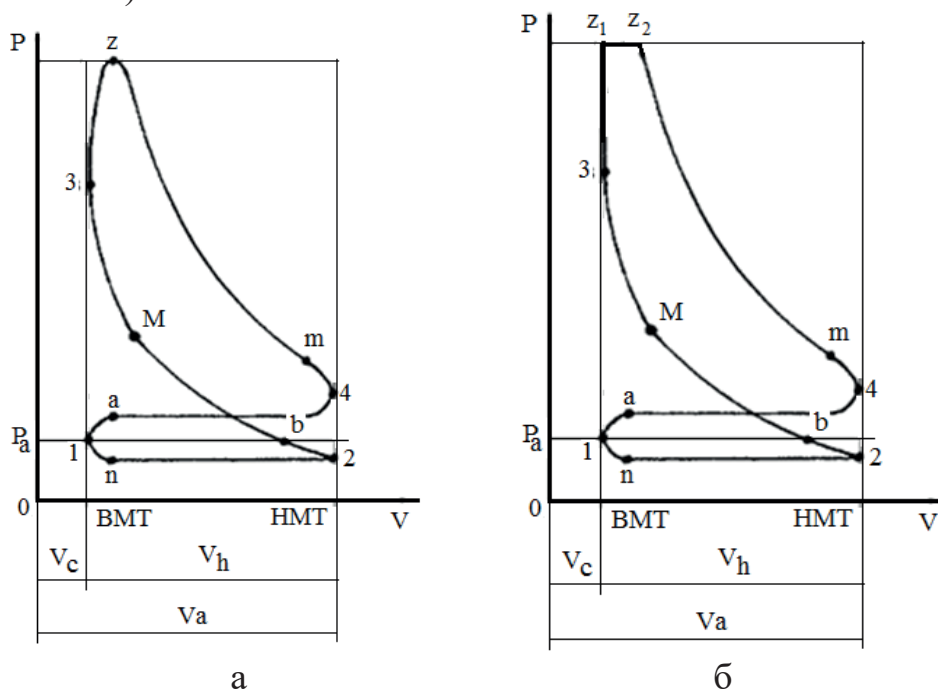


Рис. 2. Індикаторна діаграма робочого циклу чотиритактного бензинового (а) та дизельного (б) двигунів:

1 – початок такту впуску; 2 – початок такту стиску; 3 – початок такту розширення; 4 – початок такту випуску; а – момент відкриття впускного клапана; б – момент закриття впускного клапана; М – момент запалювання (бензинові двигуни) пальної суміші чи початку впорскування палива (дизельні двигуни); z (z_1, z_2) – найвищий тиск у циліндрі двигуна; m – момент відкриття випускного клапана; n – момент закриття випускного клапана; а - 1 - n – перекриття клапанів

Таблиця 1. Такти та процеси на індикаторній діаграмі робочого циклу чотиритактного бензинового двигуна

Такти	Позначення на індикаторній діаграмі	Процеси	Позначення на індикаторній діаграмі
Впуск	1-n-2	Впуск	a-1-n-2-b
Стиск	2-b-M-3	Стиск	b-M
–	–	Горіння	M-3-z
Розширення	3-z-m-4	Розширення	z-m
Випуск	4-a-1	Випуск	m-4-a-1-n

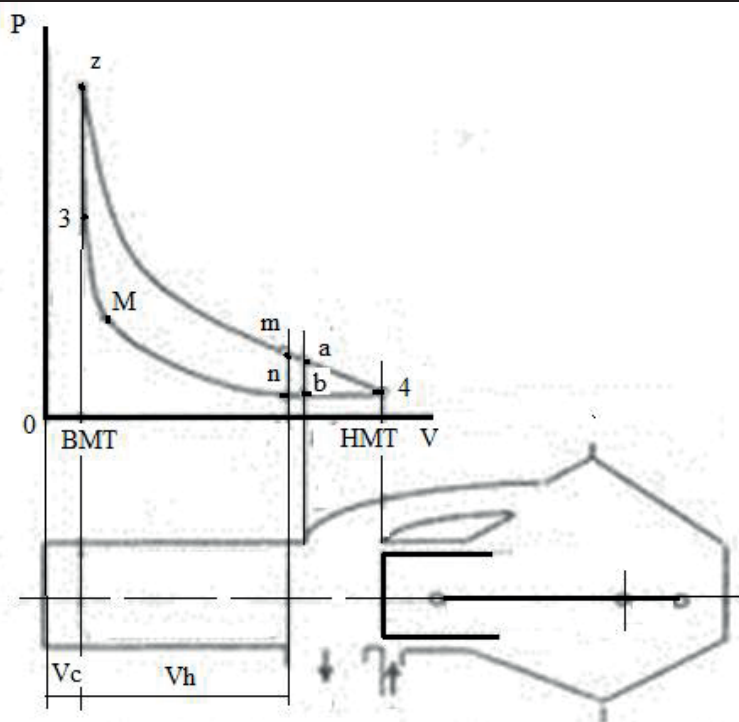


Рис. 3. Індикаторна діаграма робочого циклу двотактного бензинового двигуна

Таблиця 2. Такти та процеси на індикаторній діаграмі робочого циклу двотактного бензинового двигуна

Такти	Позначення на індикаторній діаграмі	Процеси	Позначення на індикаторній діаграмі
–	–	Впуск	a-4-b
Стиск	4-b-n-M-3	Стиск	n-M
–	–	Горіння	M-3-z
Розширення	3-z-m-a-4	Розширення	z-m
–	–	Випуск	m-a-4-b-n

Показники роботи двигуна

Показники ефективності:

- індикаторна робота – $L_i = p_i \cdot V_h$;
- середній індикаторний тиск – $p_i = L_i / V_h$;
- індикаторна потужність – $N_i = i \cdot V_h \cdot p_i \cdot n / 30 \cdot \tau$, де n – частота обертання колінчастого вала, τ – тактність двигуна (для двотактних $\tau=2$, для чотиритактних $\tau=4$);

- потужність механічних втрат N_M ;
- ефективна потужність $N_e = N_i - N_M$; $N_e = i \cdot V_h \cdot p_e \cdot n / 30 \cdot \tau$;
- середній ефективний тиск – $p_e = L_c / V_h$.

Показники економності:

- індикаторний коефіцієнт корисної дії $\eta_i = Q_i / Q$, де Q_i – кількість теплоти, еквівалентна індикаторній роботі, Q – кількість теплоти, еквівалентна кількості введеного в циліндри двигуна палива;
- питома індикаторна витрата палива $g_i = G_T / N_i$, де G_T – годинна витрата палива;
- питома ефективна витрата палива $g_e = G_T / N_e$.

Показники досконалості конструкції:

- механічний коефіцієнт корисної дії $\eta_e = N_e / N_i$;
- літрова потужність двигуна $N_L = N_e / i \cdot V_h$;
- питома маса двигуна $g_N = G / N_e$, де G – маса двигуна.

Швидкісна характеристика двигуна

Швидкісні характеристики двигуна – це залежність основних показників роботи двигуна (потужності N , крутного моменту T , питомої витрати палива g тощо) від частоти обертання колінчастого вала двигуна. Експериментальні швидкісні характеристики отримують при випробуванні двигунів на спеціальних гальмівних стендах. Теоретичну швидкісну характеристику можна отримати шляхом розрахунку.

Характеристика отримана при максимально відкритій дросельній засувці (бензинові двигуни) чи повній подачі палива (дизельні двигуни) називається зовнішньою швидкісною характеристикою. На рис. 4 зображено загальний вигляд зовнішньої швидкісної характеристика бензинового двигуна.

Характерними точками зовнішньої швидкісної характеристики є:

- мінімальна стійка n_{min} та максимальна n_{max} частоти обертання колінчастого вала;
- максимальна потужність двигуна N_{max} та відповідна їй частота обертання колінчастого вала n_N ;
- максимальний крутний момент T_{max} та відповідна йому частота обертання колінчастого вала n_T ;
- крутний момент двигуна при максимальній потужності T_N .

Параметри N_{max} та n_N , T_{max} та n_T зазначають у технічній документації автомобіля (двигуна).

Часткові швидкісні характеристики отримують при частковому відкритті дросельної засувки чи частковій подачі палива.

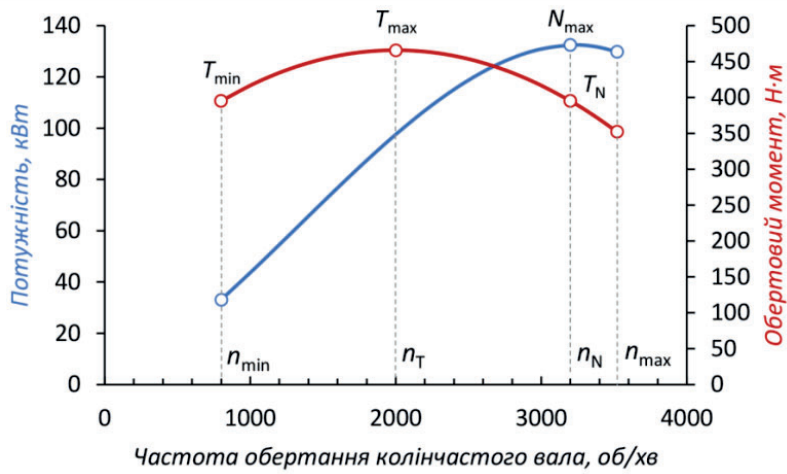


Рис. 4. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

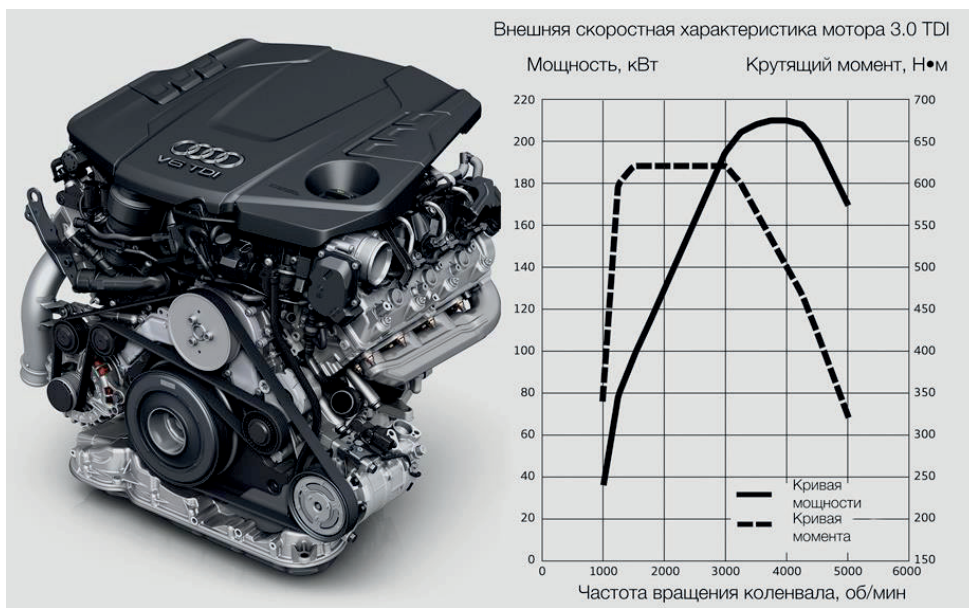
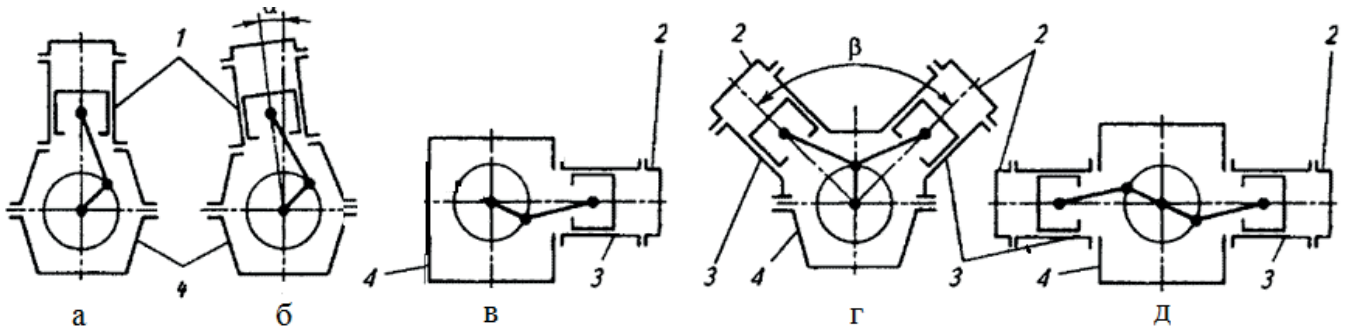


Рис. 5. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна 3,0 TDI автомобіля Audi Q5

2. Механізми двигуна

2.1. Кривошипно-шатунний механізм (КШМ)

Схеми компонування КШМ



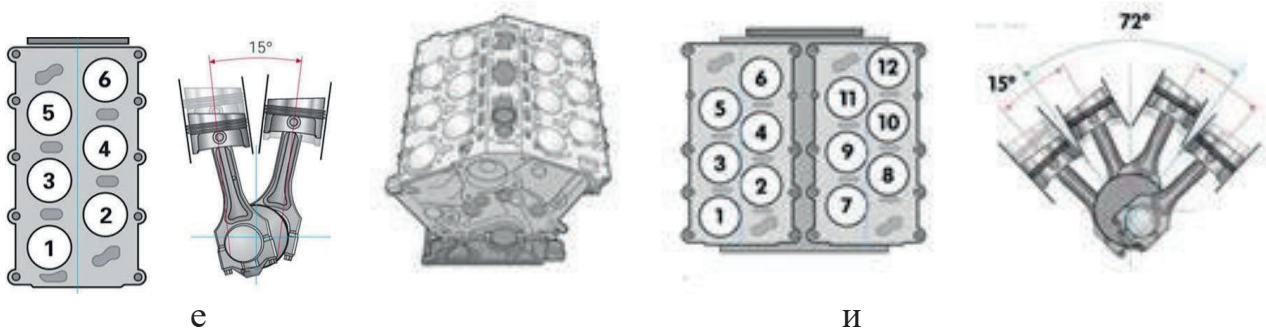


Рис. 6. Схеми компонування КШМ:

- а – рядні двигуни з вертикальним розміщенням циліндрів; б – рядні двигуни з циліндрами розміщеними під кутом α ; в – рядні двигуни з циліндрами розміщеними горизонтально;
- г – двохрядні V-подібні; д – двохрядні опозитні (з горизонтальним розміщенням циліндрів);
- е – VR-подібні двигуни; и – W-подібні (трирядні) двигуни

2.2. Газорозподільний механізм (ГРМ)

Класифікація ГРМ:

- за принципом дії (золотникові, клапанні, комбіновані);
- клапанні за розміщенням клапанів (з нижнім / верхнім / комбінованим розміщенням клапанів).

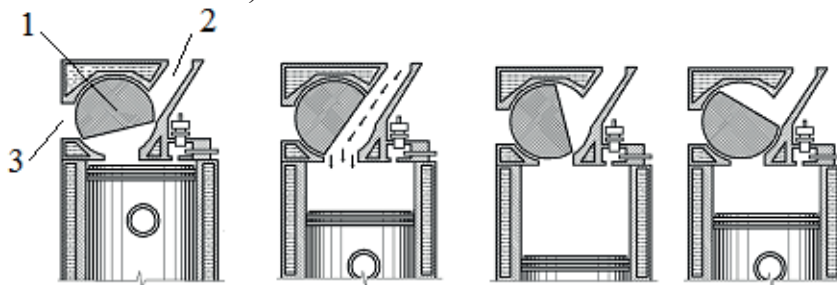


Рис. 7. Золотниковий механізм газорозподілу:

1 – зодотник; 2 – впускний канал; 3 – випускний канал

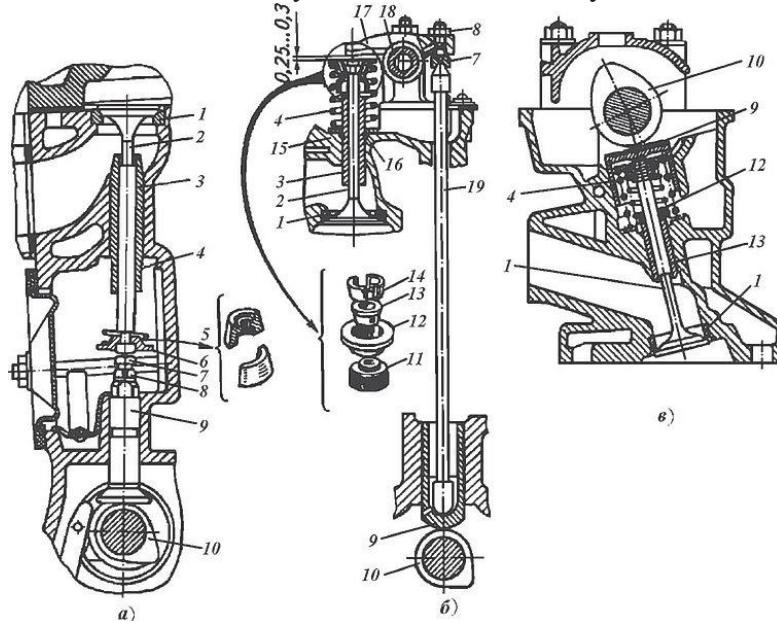


Рис. 8. Клапанні механізми газорозподілу:

- а – з нижнім розміщенням клапанів; б – з верхнім розміщенням клапанів та нижнім розміщенням газорозподільного вала; в – з верхнім розміщенням клапанів та верхнім розміщенням газорозподільного вала

3. Системи двигуна

3.1. Система мащення

Функції системи мащення:

- зменшення тертя і зношування деталей;
- часткове охолодження деталей;
- захист деталей від корозії;
- видалення продуктів зношування з зон тертя;
- ущільнення спряжень (циліндро-поршнева група, підшипникові вузли).

Способи мащення:

- під тиском;
- розбризкуванням;
- самоплином;
- оливним туманом.

Маркування моторних олив

Позначення в'язкісних властивостей олив за методикою SAE (Спілка автомобільних інженерів, США):

- зимові оливи: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W;
- літні оливи: SAE 20, 30, 40, 50, 60;
- всесезонні оливи:

Позначення	Умови застосування
5W - 30	від мінус 25 до плюс 20
5W - 40	від мінус 25 до плюс 35
10W - 30	від мінус 20 до плюс 30
10W - 40	від мінус 20 до плюс 35
15W - 30	від мінус 15 до плюс 35
15W - 40	від мінус 15 до плюс 45
20W - 40	від мінус 10 до плюс 45
20W - 50	від мінус 10 до плюс 45 і вище
25W - 30	від 0 до плюс 45 і вище

Позначення експлуатаційних властивостей за методикою API (Американський нафтовий інститут, США):

- оливи для бензинових двигунів S:

Рік запровадження	1980	1989	1994	1997	2001	2004	2010
API оливи	SF	SG	SH	SJ	SL	SM	SN

- оливи для дизельних двигунів C:

Рік запровадження	1983	1990	1994	1998	2004	2010
API оливи	CE	CF-4	CF, CF-2, CG-4	CH-4	CI-4	CJ-4

За конструкцією системи мащення бувають з мокрим та сухим картером.

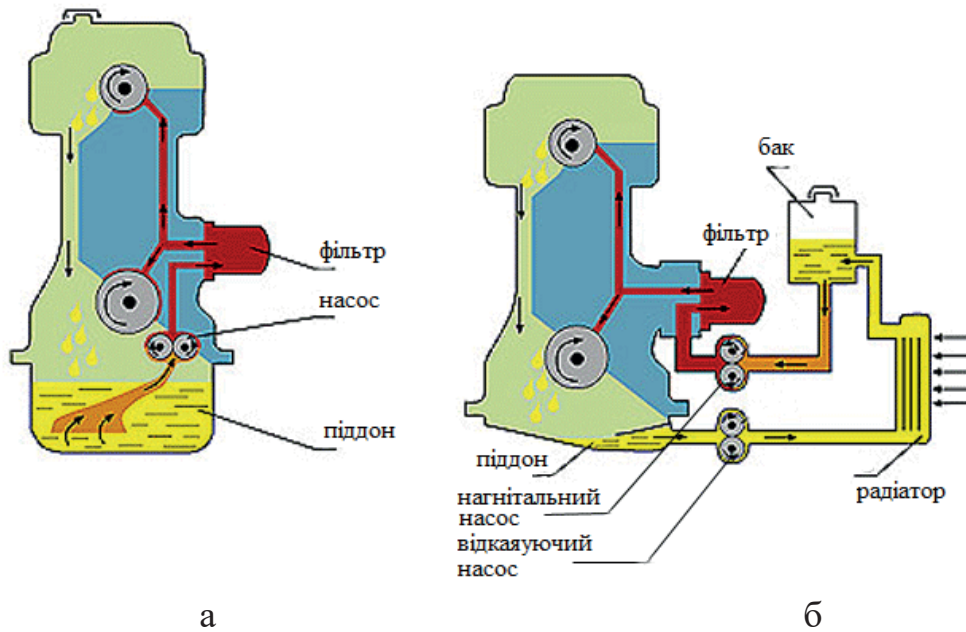


Рис. 9. Системи мащення з мокрим (а) та сухим (б) картером

3.2. Система охолодження

Типи систем за принципом дії:

- повітряна;
- рідинна.

Рідинні системи за конструкцією бувають:

- відкриті та закриті;
- з термосифонною циркуляцією рідини, з примусовою циркуляцією рідини.

Охолоджуючі рідини (антифризи)

Таблиця 3. Класифікація антифризів за методикою VAG (Volkswagen Audi Gruppe)

Група антифризів	Строк служби	Колір	Особливості застосування
G11	До 3 років	синій або зелений	двигуни до 1998 року випуску
G12	До 5 років	червоний	двигуни до 2004 року випуску
G12+	До 5 років	рожевий	кращі експлуатаційні властивості
G12++	До 10 років	рожевий	кращий захист від корозії
G13	До 10 років	жовтий або фіолетовий	менш токсичний, для форсованих двигунів

3.3. Система живлення

Система живлення призначена для очищення палива і повітря, приготування паливної суміші відповідної якості та подачі її у потрібній кількості в циліндри двигуна, видалення з циліндрів відпрацьованих газів та зменшення їх шуму на виході.

Ознаки класифікації систем:

- вид палива (рідке, газове, комбіноване);

– спосіб приготування паливної суміші (зовнішнє і внутрішнє сумішоутворення).

До систем із зовнішнім приготуванням паливної суміші належать системи живлення карбюраторних двигунів та інжекторних двигунів з подачею палива до впускного трубопроводу. До систем із внутрішнім приготуванням паливної суміші належать системи живлення дизелів та інжекторних двигунів з подачею палива до циліндрів двигуна.

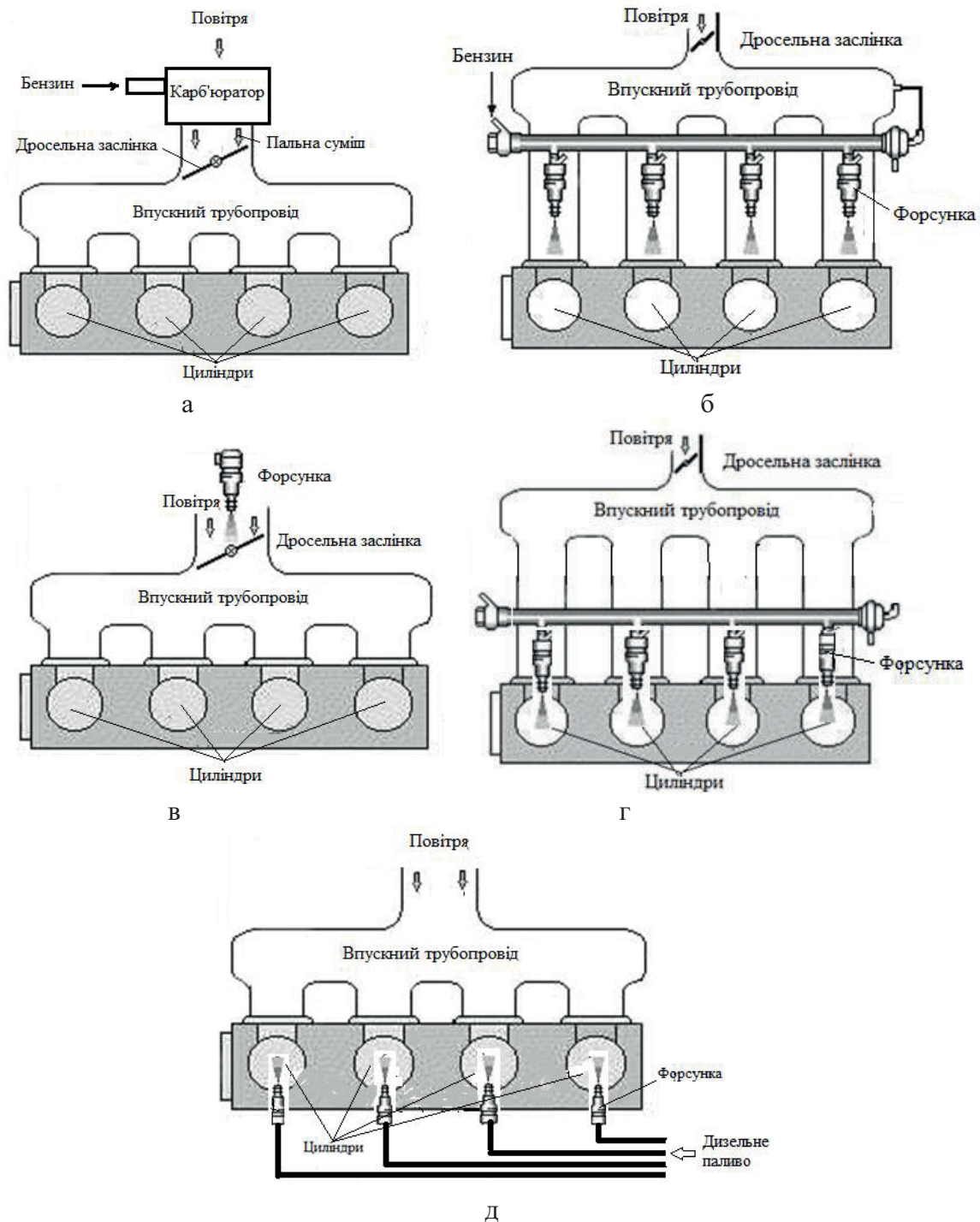


Рис. 10. Схеми систем живлення двигунів:

- а – карбюраторного; б – інжекторного з подачею бензину до впускного трубопроводу перед впускними клапанами; в – інжекторного з подачею бензину до впускного трубопроводу перед дросельною засувкою; г – інжекторного з подачею бензину до циліндрів двигуна; д – дизельного

Вимоги до систем живлення:

- забезпечення безперебійної подачі палива та повітря в потрібній кількості на усіх режимах роботи двигуна;
- забезпечення найбільш можливої економності роботи двигуна;
- забезпечення максимальної потужності двигуна;
- не допускати втрати палива, зношування деталей механічними домішками;
- компактність;
- простота обслуговування.

Незалежно від способу приготування пальної суміші до складу системи входять прилади та пристрої, які забезпечують:

- зберігання запасу палива;
- подачу та фільтрування повітря;
- подачу та фільтрування палива;
- приготування паливної суміші;
- відведення відпрацьованих газів з циліндрів двигуна;
- зменшення шуму на виході відпрацьованих газів в атмосферу.

На процес приготування паливної суміші впливають такі фактори:

- час, що відводиться на процес;
- температура навколишнього середовища та тепловий стан двигуна;
- якість палива;
- схема та конструкція агрегатів подачі палива (приготування суміші), впускної системи, форма камери згорання.

Вимоги до палива:

- висока теплотворна здатність;
- мінімальний вміст смол;
- відсутність водорозчинних кислот, основ і води;
- відсутність механічних домішок;
- додатково для бензину: висока детонаційна стійкість (оцінюється октановим числом), достатня випарна здатність при низьких температурах;
- додатково для дизельного палива: здатність до самозаймання (оцінюється цетановим числом), задовільні в'язкіснотемпературні властивості.

Основні види рідкого палива: бензин та дизельне паливо.

Бензин – суміш вуглеводнів та їх похідних, які википають в інтервалі температур 35 – 195°C.

Умовне позначення бензинів має містити (ДСТУ 7687:2015):

- позначення марки (А-98, А-95, А-92, А-80);
- символ екологічного класу (Євро5, Євро4, Євро3);
- символ виду бензину за вмістом біоетанолу (Е5, Е7, Е10).

Дизельне паливо - суміш вуглеводнів та їх похідних, які википають в інтервалі температур 170 – 385°C.

Стандартом ДСТУ 3868-99 передбачено дві марки дизельного пального:

- літнє;
- зимове.

Якість дизельного палива в країнах Європейської спільноти (стандарт EN 590) нормується за такими параметрами:

Таблиця 4. Показники якості дизельного палива

	Рік введення	Масова частка сірки, %, не більше	Цетановий індекс, не менше	Вміст поліароматичних вуглеводнів, %, не більше
Євро-2	з 1996	0,05	49	11
Євро-3	з 2000	0,035	51	11
Євро-4	з 2005	0,005	51	11
Євро-5	з 2010	0,001	51	11

Добавки (присадки) до палива

Антиоксидантні стабілізатори - підвищують окисну стабільність палива, тим самим запобігаючи смоло- і осадоутворенню.

Деактиватори металів - зв'язують у неактивні комплекси мідь, залізо і інші метали.

Мийні присадки - зменшують утворення відкладень на деталях двигунів і паливної апаратури, у тому числі двигунів з безпосереднім впорскуванням бензину. Додатково надають паливу протильодові й антикорозійні властивості.

Антидимні присадки - зменшують концентрацію диму в газах дизельних двигунів, але мало впливають на викиди інших токсичних компонентів.

Антинагарні присадки - зменшують нагароутворення в камері згоряння, на клапанах і розпилювачах форсунок дизельних двигунів.

Антисажові присадки - знижують температуру згоряння сажі на поверхні сажових фільтрів.

Антидетонатори - запобігають детонаційному горінню бензинів.

Промотори запалювання - покращують запалювання дизельного палива.

Антистатичні присадки - запобігають нагромадженню зарядів статичної електрики в паливі.

Біоциди - запобігають псуванню палива мікроорганізмами.

Барвники - дозволяють розділити дизельне паливо за галузями використання (продаж дизельного палива з меншим ПДВ для сільськогосподарської техніки, наприклад, *червоний дизель* який заборонено використовувати на публічних дорогах).

Біодизель має цетанове число не менше 51 (зазвичай 42-45), температуру спалаху понад 150°C, має кращі змащувальні характеристики. Головний недолік - обмежений термін зберігання після виготовлення (3 місяці).

Виготовляється з суміші рослинної олії (зазвичай ріпакової або соєвої) і метилового спирту в співвідношенні 10-7 до 1 на простих і компактних технологічних установках.

Якість паливної суміші

Оскільки процес горіння палива – це процес його окислення, то знаючи хімічний склад палива та вміст кисню в повітрі, можна визначити потрібну кількість повітря для згорання 1 кг палива. Так для згорання 1 кг бензину (дизельного палива) потрібно 14,7 кг повітря. Склад пальної суміші при співвідношенні паливо / повітря, рівному 14,7 : 1, називається стехіометричним.

Якість паливної суміші визначається співвідношенням палива і повітря та характеризується коефіцієнтом надлишку повітря λ , який визначається за формулою

$$\lambda = Q_{\phi} / Q_{т},$$

де Q_{ϕ} – дійсна кількість повітря у паливній суміші, $Q_{т}$ – теоретично необхідна кількість повітря. $Q_{т}=14,7$ кг для бензинових та дизельних паливних сумішей.

Види паливної суміші за якістю:

- 1) нормальна $\lambda=1$;
- 2) збіднена $1 < \lambda \leq 1,15$;
- 3) бідна $\lambda > 1,15$;
- 4) збагачена $0,8 \leq \lambda < 1$;
- 5) багата $\lambda < 0,8$.

Класифікація систем живлення інжекторних двигунів

1. За місцем подачі палива:
 - безпосередньо в циліндр;
 - до впускного трубопроводу (перед дросельною заслінкою, за дросельною заслінкою, на впускні клапани).
2. За способом подавання палива:
 - циклічне;
 - неперервне.
3. За принципом дозування:
 - плунжерними насосами;
 - електромагнітними форсунками та регулятором тиску палива.
4. За розподілом палива:
 - на кожен циліндр;
 - на групу циліндрів;
 - на усі циліндри.
5. За часом впорскування:
 - групове;
 - багаторазове;
 - одноразове;
 - розподілене.
6. За методом регулювання складу суміші:

- механічне;
- пневмомеханічне;
- електронне.

Особливості сумішоутворення у дизелях. Типи камер згорання дизелів

Особливості сумішеутворення:

- роздільна подача палива та повітря;
- повітря подається більше, ніж теоретично необхідно (дизелі працюють на збіднених і бідних паливних сумішах).

Особливість конструкції: відсутність дросельної заслінки у впускному (повітряному) трубопроводі, тобто кількість повітря для приготування паливної суміші не регулюється.

Способи сумішеутворення:

- об'ємне (паливо подається у гущу стиснутого повітря);
- плівкове (більшість палива подається на стінки гарячої камери згорання, що виконана у поршні, по яких воно розтікається тонкою плівкою та випаровується);
- комбіноване (поєднання обох попередніх).

Типи камер згорання дизелів:

- нерозділені (однопорожнинні);
- розділені (двопорожнинні).

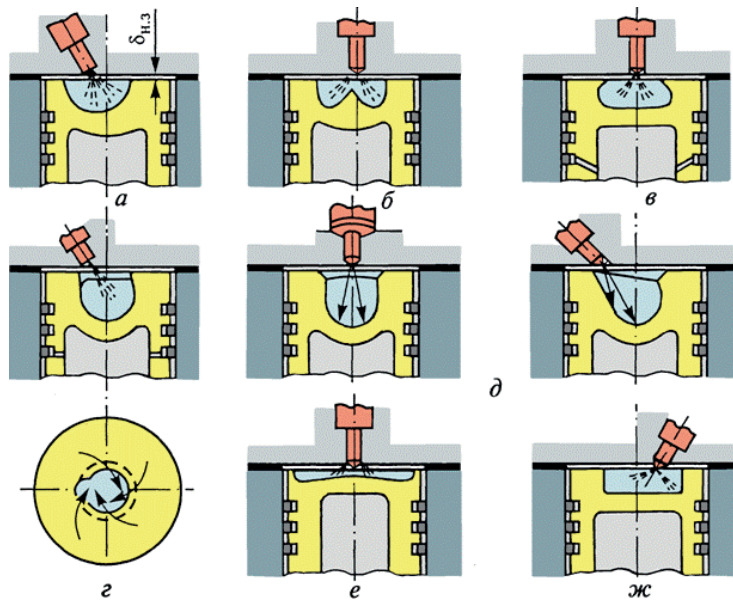


Рис. 11. Типи нерозділених камер згорання дизелів:
 а – напівсферична (дизель ВТЗ); б – ЯМЗ і АМЗ; в – ЦНИДИ; г – «МАН»; д – «Дойц»;
 е – «Гессельман»; ж – «Даймлер – Бенц»

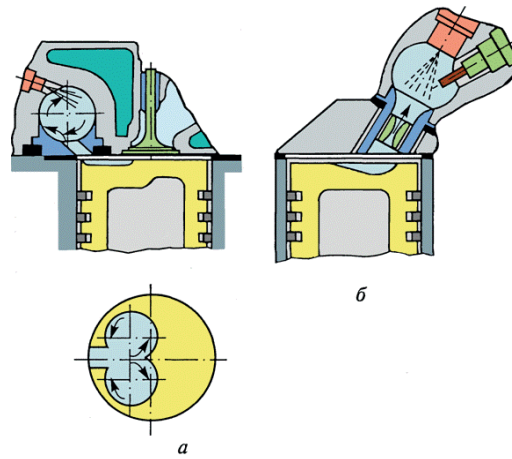


Рис. 12. Типи розділених камер згорання дизелів:
а – вихрова камера; б – передкамера

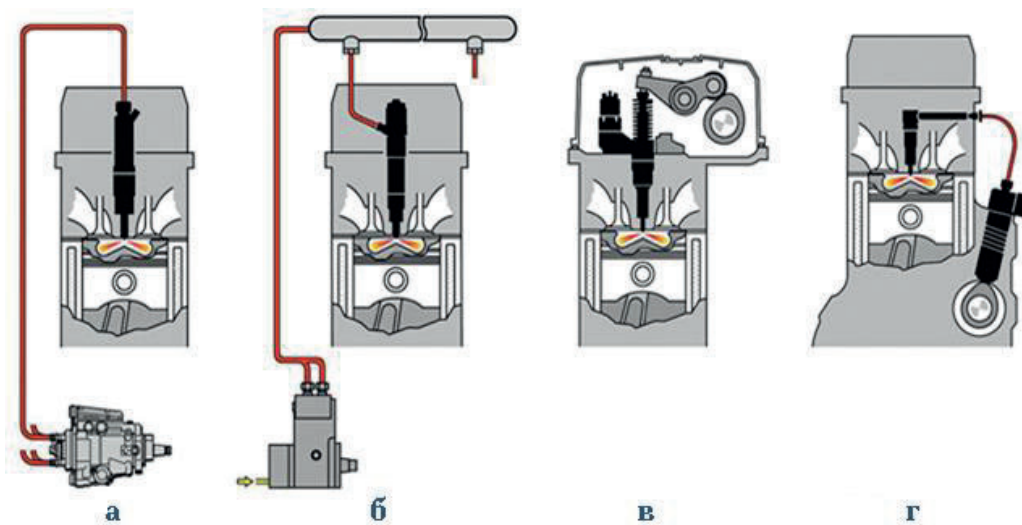


Рис. 13. Типи систем живлення дизелів:
а – розділеного типу; б – Common Rail; в, г – насоси – форсунки (в – суміщені; г – рознесені)

3.4. Система нейтралізації відпрацьованих газів автомобільних двигунів

Шкідливі викиди автомобільних двигунів поділяють на три групи:
екологічно нейтральні, що не порушують фізичних властивостей атмосфери;

неядовиті, екологічно активні, що впливають на фізичні властивості атмосфери;

ядовиті, токсичні, що згубно впливають на організм людини, тваринний і рослинний світ.

До групи токсичних речовин належать:

продукти неповного згорання палива, що містять вуглець (оксид вуглецю CO, альдегіди RCHO і їм подібні, численна група вуглеводнів C_nH_m , сажа C);

речовини, що містять азот (оксиди азоту NO і NO₂, аміак NH₃, гідразин NH₄ тощо);

продукти окислення домішок і присадок до палива і олив (сірчаний ангідрид SO₂, сірководень H₂S, оксиди свинцю, оксиди інших антидетонаторів і протидимних присадок).

Показники токсичності автомобільних двигунів:

- концентрація токсичних речовин у відпрацьованих газах. Високі концентрації компонентів оцінюють у процентах за об'ємом (% об), малі – у мг/л, (г/м³), або кількістю частинок на мільйон (млн⁻¹);

- викиди і-го компонента двигуном визначаються з врахуванням кількості відпрацьованих газів, що виділяються за одиницю часу

$$G_i = C_i Q_{\text{вг}}, \text{ г/год},$$

де C_i – концентрація і-го компонента, г/м³; Q_{вг} – кількість відпрацьованих газів, м³/год;

- питомі викиди токсичних компонентів

$$q_i = G_i / N_e, \text{ г/кВт год},$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт;

- викиди за пробіг оцінюють кількість викидів двигуна за одиницю пробігу

$$Q_i = G_i / V_a, \text{ г/км},$$

де V_a – швидкість руху автомобіля, км/год.

Таблиця 5. Норми викидів для легкових автомобілів (категорія М1)

Екологічний стандарт	Оксид вуглецю (CO)	Вуглеводні СН	Леткі органічні речовини	Оксид азоту (NO _x)	HC+NO _x	Зважені частинки (PM)
Для дизельного двигуна						
Євро-1, 07.1992	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Євро-2, 01.1996	1,00	-	-	-	0,7	0,08
Євро-3, 01.2000	0,64	-	-	0,50	0,56	0,05
Євро-4, 01.2005	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025
Євро-5, 09.2009	0,50	-	-	0,18	0,23	0,005
Євро-6, 09.2014	0,50	-	-	0,08	0,17	0,005
Для бензинового двигуна						
Євро-1, 07.1992	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	-
Євро-2, 01.1996	2,2	-	-	-	0,50	-

Таблиця 5. Норми викидів для легкових автомобілів (категорія М1)

Євро-3, 01.2000	2,3	0,2	-	0,15	-	-
Євро-4, 01.2005	1,0	0,1	-	0,08	-	-
Євро-5, 09.2009	1,0	0,1	0,068	0,06	-	0,005**
Євро-6, 09.2014	1,0	0,1	0,068	0,06	-	0,005**

3.5. Система наддуву автомобільних двигунів

Система наддуву призначена для збільшення потужності двигуна шляхом підвищення тиску на впуску і збільшення масового наповнення циліндрів порівняно з можливим їх наповненням в умовах тиску навколишнього середовища.

За ступенем підвищення тиску розрізняють наддув :

- низький (тиск на впуску до 0,15 МПа),
- середній (тиск на впуску до 0,2 МПа),
- високий (тиск на впуску до понад 0,2 МПа).

За принципом роботи розрізняють наддув:

- газодинамічний;
- нагнітачами (механічний, електричний, турбонадув, комбінований).

Газодинамічний наддув дозволяє збільшувати масове наповнення циліндрів без застосування нагнітачів лише шляхом використання швидкісного напору потоку і коливання його тиску у впускному і випускному трубопроводах.

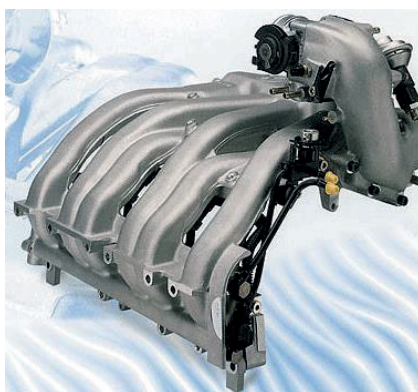


Рис. 14. Система газодинамічного (резонансного) наддуву

Розрізняють наддув за допомогою нагнітачів, що приводяться від колінчастого вала двигуна, і турбонадув з приводом нагнітача за рахунок енергії відпрацьованих газів. У першому випадку використовують порівняно тихохідні об'ємні нагнітачі - коловоротні (або шиберні) насоси і роторні нагнітачі, а для турбонадуву - радіально-осьові або осьові турбіни і нагнітачі.

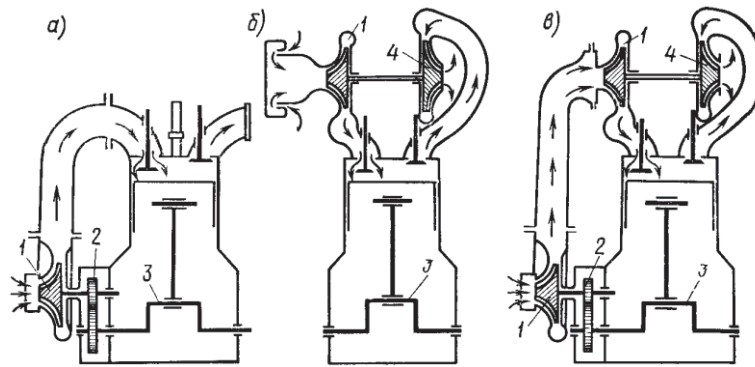


Рис. 15. Системи наддуву нагнітачами:
а – механічний; б – турбонадув; в - комбінований

Турбонадув поршневих двигунів заснований на використанні енергії відпрацьованих газів, що скеровують на робочі лопатки колеса турбіни, яку розташовують на одному валу з нагнітачем.

Для регулювання величини наддуву застосовують системи з перепускним клапаном, який перепускає частину відпрацьованих газів у випускну систему, минаючи турбіну, або системи зі змінною геометрією турбінного колеса.

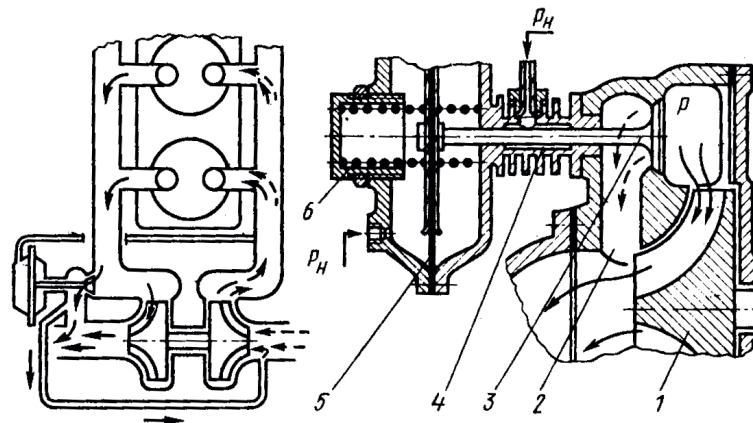


Рис. 16. Регульований наддув з перепускним клапаном:
1 – турбінне колесо; 2 – перепускний канал; 3 – перепускний клапан; 5 – діафрагма;
6 – регульовальна пружина

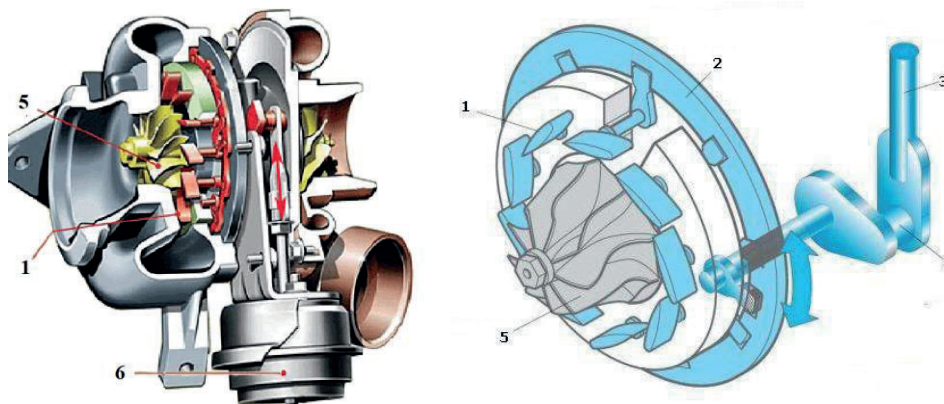


Рис. 17. Турбокомпресор зі змінною геометрією:
1 – лопатка; 2 – поворотна шайба; 3 – тяга; 4 – важіль; 5 – турбінне колесо; 6 -
регулятор

Стиснення повітря турбокомпресором призводить до підвищення його температури. У сучасних наддувних двигунах застосовують проміжне охолодження повітря, що поступає від турбокомпресора. З цією метою повітря, стиснуте в турбокомпресорі, поступає в спеціальний теплообмінник (інтеркулер), в якому охолоджується до температури 50-60°C. Охолодження повітря дає можливість поліпшити наповнення циліндрів за рахунок збільшення густини повітря і понизити ймовірність виникнення детонації.

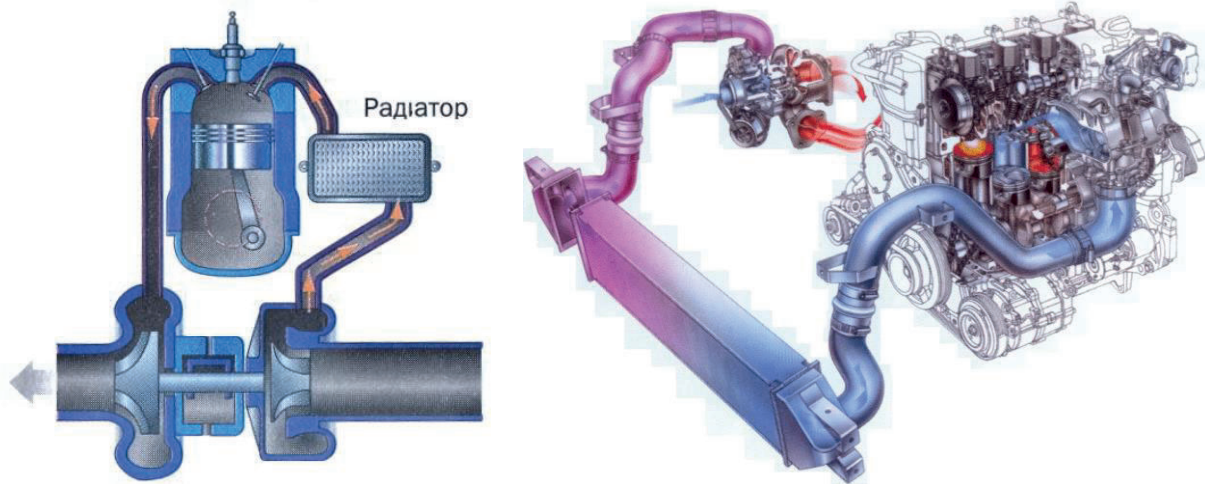


Рис.18. Наддув з проміжним охолодженням

Суттєво підвищити ефективність наддуву дозволяє система комбінованого наддуву, в якій поєднуються гвинтовий механічний компресор та турбіна.

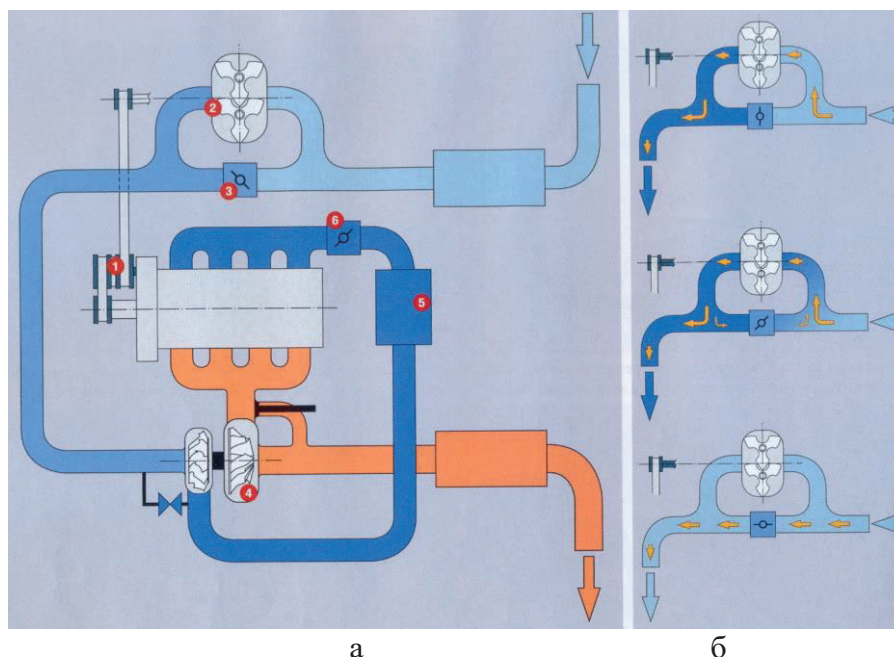


Рис. 19. Комбінований наддув (а – загальна схема, б – режими роботи):
 1 – електромагнітна муфта; 2 – гвинтовий компресор; 3 – заслінка; 4 – турбокомпресор;
 5 – інтеркулер; 6 – повітряна заслінка

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Вивчення будови та роботи кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів автомобільних двигунів

Мета: вивчити будову та роботу механізмів, визначити їх конструктивні та експлуатаційні особливості.

Обладнання: двигуни (ВАЗ-2106, ЗМЗ-53, КамАЗ-740, Mazda, Audi), деталі механізмів, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Призначення та загальна будова кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів.
2. Сили в кривошипно-шатунному механізмі.
3. Порядок роботи циліндрів двигуна.
4. Фази газорозподілу. Діаграма фаз газорозподілу.

Теоретичні відомості

Кривошипно-шатунний механізм

Кривошипно-шатунний механізм призначений для перетворення прямолінійного зворотно-поступального руху поршнів в обертовий рух колінчастого вала.

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

Картер (блок циліндрів) (рис. 1.1.) - це найбільша й найскладніша деталь двигуна, як правило, коробчастого перерізу, що слугує опорою для робочих деталей та механізмів, і захищає їх від забруднення. У сучасних конструкціях двигунів циліндри виготовляються разом із картером і ця деталь називається **блок-картером**.

У багатьох конструкціях циліндри виготовляються у вигляді окремих деталей, що називаються **гільзами**. Гільзи, які безпосередньо обмиваються охолоджуючою рідиною, називаються «мокрими».

У середній частині блока є поперечні перегородки. Площину розняття картера опущено нижче від осі колінчастого вала для надання блоку потрібної жорсткості.

До **поршневої групи** належать: поршні, поршневі кільця та поршневі пальці (рис. 1.6.).

Поршень - це металевий стакан, днищем повернутий догори, який сприймає тиск газів і передає його через поршковий палець і шатун на колінчастий вал. Верхня, підсилена частина поршня називається **головкою**, а нижня, напрямна - **юбкою**. Приливи у стінках юбки, що призначаються для встановлення поршневого пальця, називають **бобшиками**.

Паралельно поздовжній осі двигуна в бобишках поршня зроблено отвори для встановлення поршневого пальця. На головках поршнів є канавки: верхні - для компресійних кілець, нижні - для оливознімних. По колу канавок під оливознімні кільця зроблені отвори для відведення оливи, що знімається.

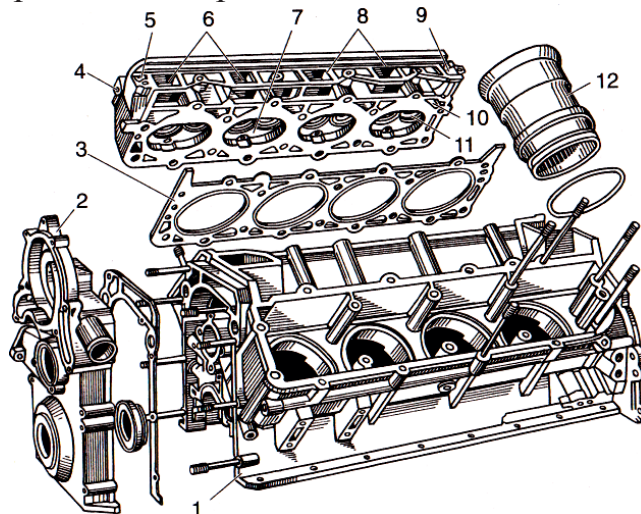


Рис. 1.1. Картер V-подібного восьмициліндрового двигуна ЗМЗ-53 з головкою правого ряду циліндрів і деталі кривошипно-шатунного механізма:

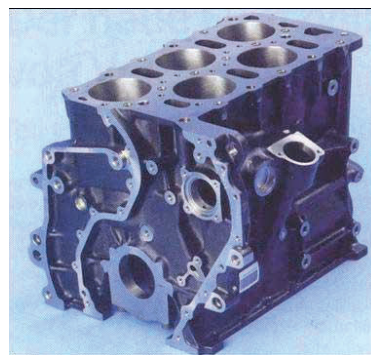
1 – блок циліндрів; 2 – кришка розподільника шестерень; 3 – прокладка; 4 – головка блока циліндрів; 5, 9, 10 – отвори для охолоджуючої рідини; 6, 8 – впускні канали; 7 – камера згоряння; 11 – сідло клапана; 12 – гільза циліндра



а



б



в

Рис. 1.2. Блоки циліндрів:

а – рядного трициліндрового двигуна; б – шестициліндрового VR-двигуна; в – пятициліндрового VR-двигуна

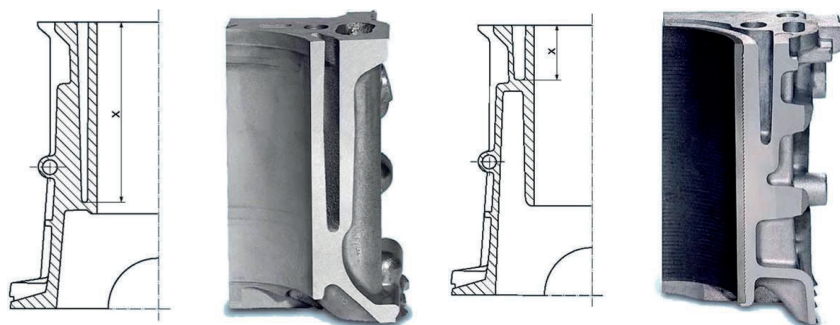


Рис. 1.3. Сорочки охолодження алюмінієвих блоків сучасних двигунів

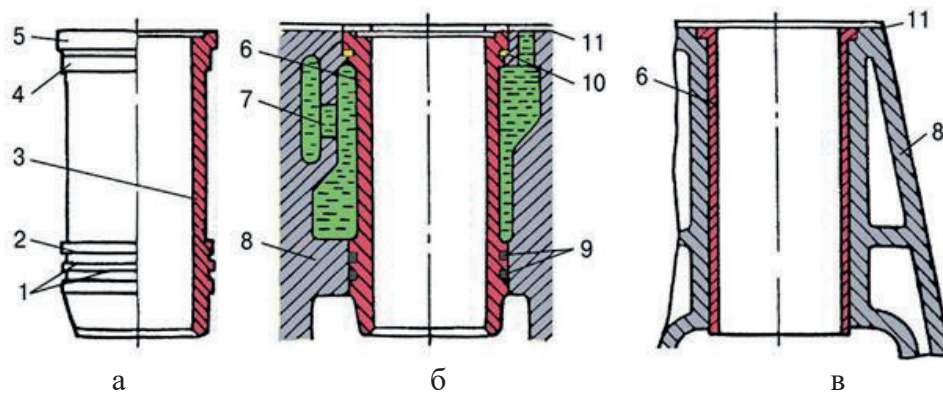


Рис. 1.4. Гільзи блоку циліндрів:
а, б - мокрі; в - суха

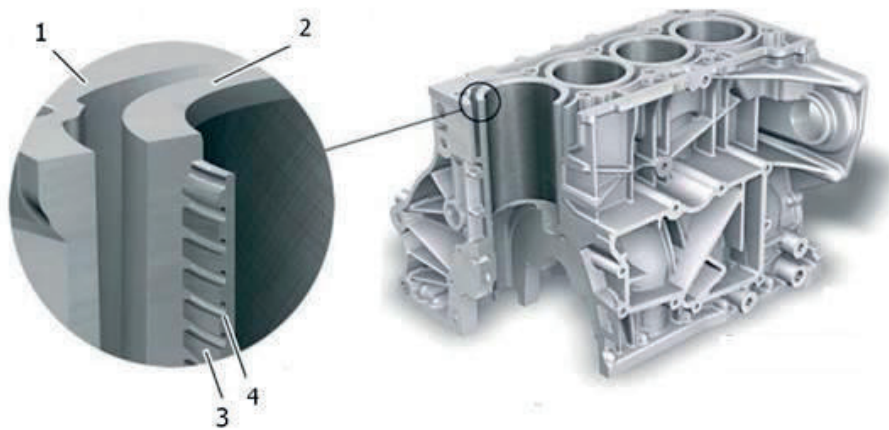


Рис. 1.5. Гільзи циліндрів з сірого чавуну, залиті в блок циліндрів:
1 – зовнішня стінка; 2 – гільза; 3 – гільза з профільованою зовнішньою поверхнею; 4 – фасонна канавка

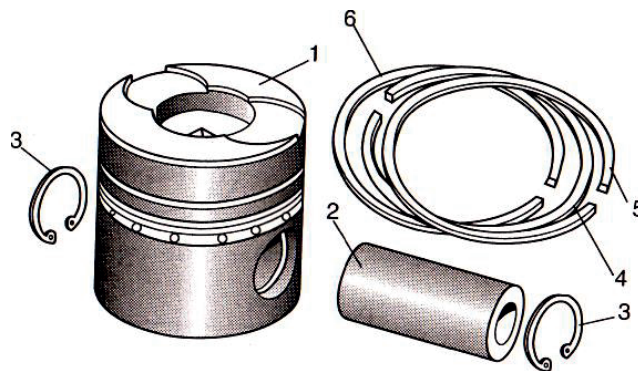


Рис. 1.6. Деталі поршневої групи дизеля КамАЗ-740:
1 – поршень; 2 – поршковий палець; 3 – стопорні кільця; 4,5 – компресійні кільця; 6 – оливознімне кільце



Рис. 1.7. Поршні двигунів СМД-22 та ЗМЗ-53



Рис. 1.8. Поршні сучасних бензинових двигунів

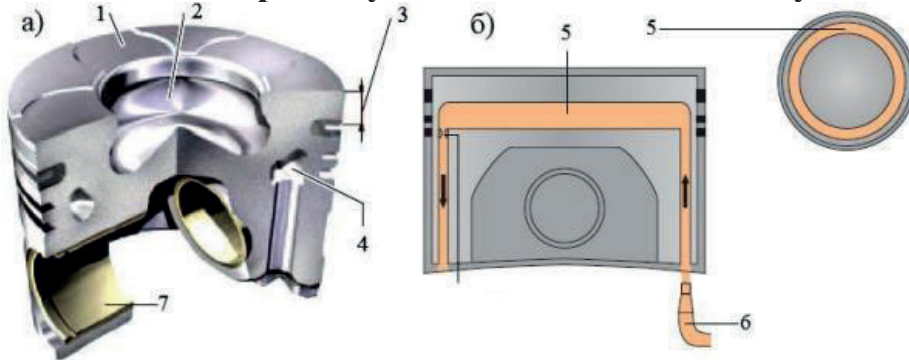


Рис. 1.9. Схема охолодження поршня оливою:

1 – днище поршня; 2 – камера згорання в поршні; 3 – тепловий пояс поршня;
4, 5 – оливний кільцевий канал; 6 – форсунка подачі оливи; 7 - втулка

Шатун (рис. 1.10.), що передає зусилля від поршня на колінчастий вал, має двотавровий переріз, складається з верхньої головки, стержня та нижньої головки.

Нижня головка шатуна рознімна. До нижньої головки двома болтами кріпиться кришка.

Шатунні підшипники - тонкостінні сталєалюмінієві вкладиші. Від зміщення вони втримуються виступами, які входять у відповідні пази на шатуні й кришці.

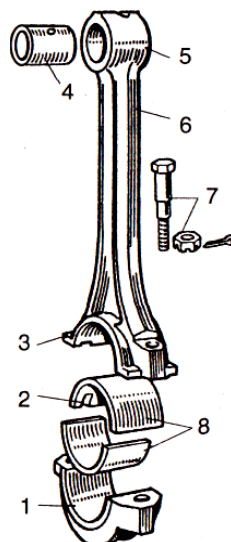
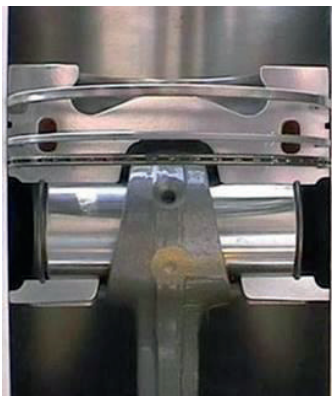
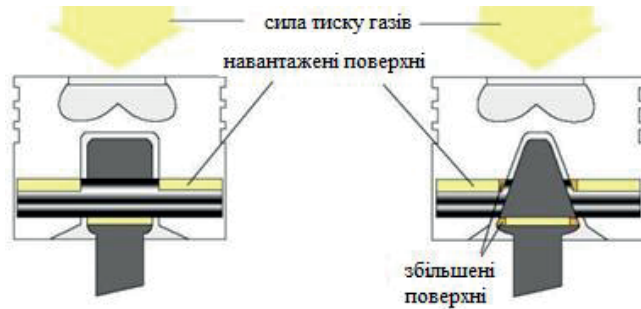


Рис. 1.10. Шатун:

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



а



б

Рис. 1.11. Конічна форма верхньої головки шатуна (а) та її переваги (б)

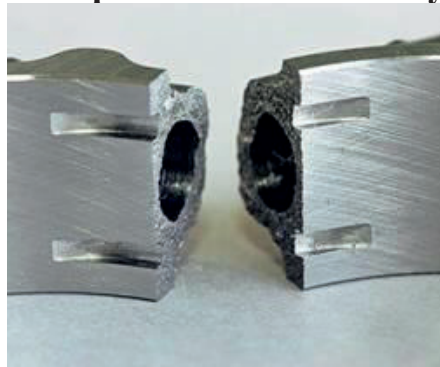


Рис. 1.12. Крихкий злам лінії роз'єму нижньої головки шатуна

Колінчастий вал, що сприймає зусилля від шатунів і передає його на маховик, складається з таких елементів (рис. 1.13.): носик 5, корінні шийки 7, шатунні шийки 10, щоки з противагами 9 та фланець 12 для кріплення маховика.

Від осьових переміщень колінчастий вал утримується упорними шайбами (виготовляються у вигляді кілець чи півкілець).

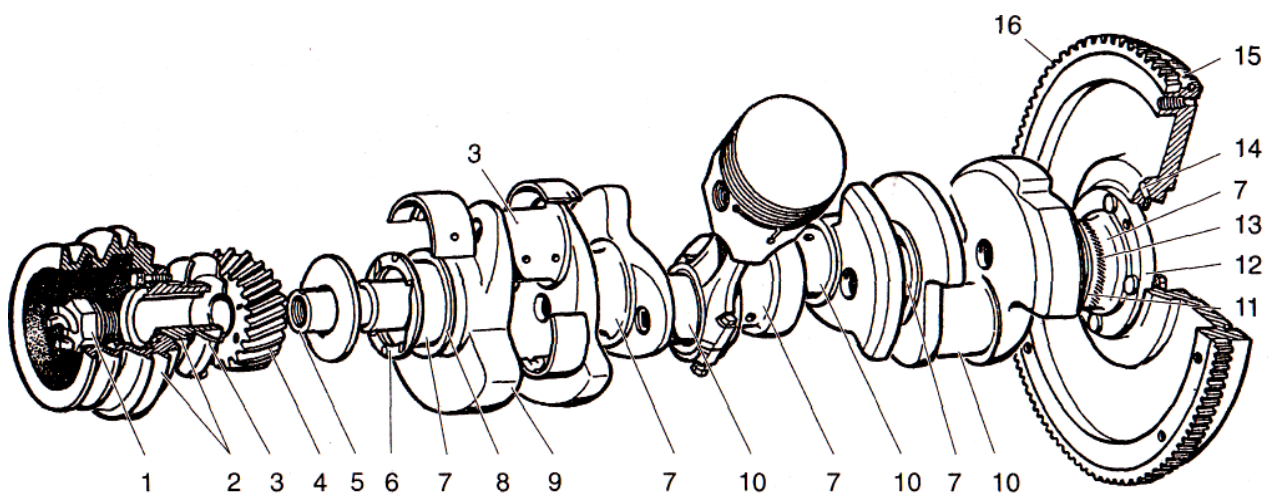


Рис. 1.13. Колінчастий вал:

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

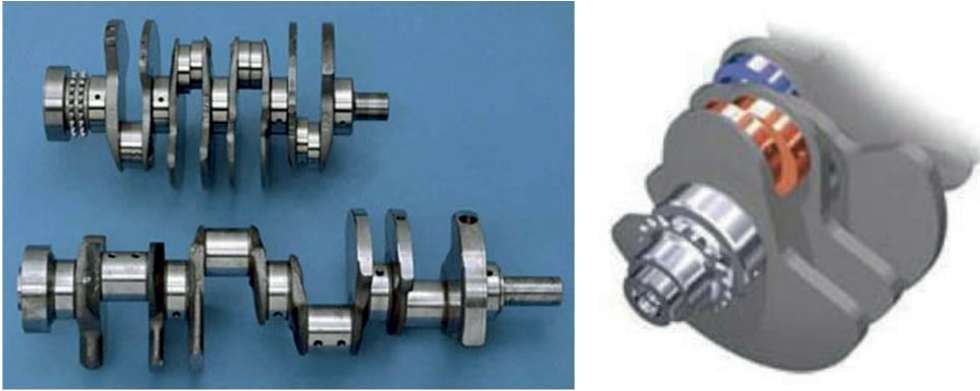


Рис. 1.14. Особливості конструкції шатунних шийок колінчастого вала VR-двигуна у порівнянні з V- подібним двигуном

Маховик - це чавунний диск, що кріпиться болтами до фланця колінчастого вала й призначений для підвищення рівномірності його обертання, а також забезпечує подолання двигуном короточасних перевантажень (наприклад, у момент рушання автомобіля з місця) за рахунок накопиченої під час обертання енергії. На обід маховика напресовано сталевий зубчастий вінець для обертання колінчастого вала стартером під час пуску двигуна.

На сучасних автомобілях застосовують двомасові маховики. Такий маховик складається з двох мас, які з'єднані між собою пружинно-демпферним механізмом. Наявність демпферного механізму дозволяє зменшити динамічні навантаження (крутильні коливання), що передаються з двигуна на трансмісію. Така конструкція маховика сприяє збільшенню ресурсу трансмісії, знижує шумність її роботи, зменшує рівень вібрацій, що передаються на кузов автомобіля.



Рис. 1.15. Класичні (одномасові) маховики двигунів

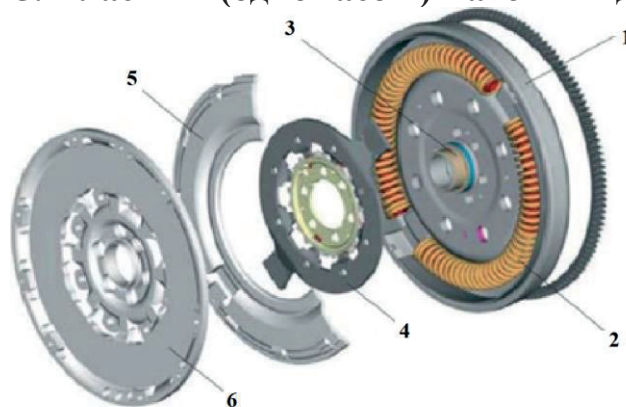


Рис. 1.16. Двомасовий маховик з дуговими пружинами:

1 – ведучий диск; 2 – дугова пружина; 3 – підшипник ковзання; 4 – фланець; 5 – кришка ведучого диска; 6 – ведений диск

Піддон картера виконує функції захисного кожуха кривошипно-шатунного механізму й резервуара для оливи.

Механізм газорозподілу

Газорозподільний механізм призначений для своєчасного впуску в циліндри двигуна свіжого заряду та випуску відпрацьованих газів, а також надійної герметизації камери згорання під час тактів стиску і розширення.

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

- з нижнім розташуванням вала й клапанів, коли останні встановлюються у блоці циліндрів;
- з нижнім розташуванням вала й верхнім розташуванням клапанів;
- з верхнім розташуванням вала й клапанів.

Приводи ГРМ. Газорозподільний механізм приводиться в дію шестерінчастими, ланцюговими або пасовими передачами.

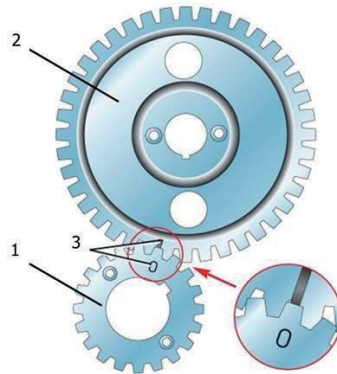


Рис. 1.17. Схема шестерінчастого привода розподільного вала з однією парю шестерень:

1 – шестерня колінчастого вала; 2 – шестерня розподільного вала; 3 – мітки

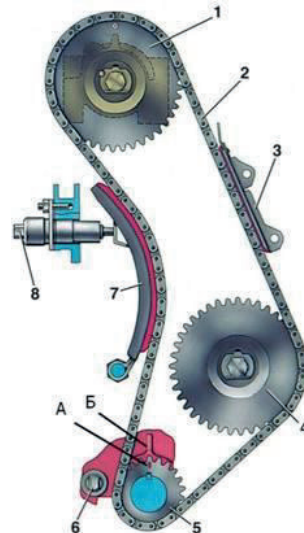


Рис. 1.18. Схема привода розподільного вала за допомогою ланцюга:

1 – зірочка розподільного вала (ведена); 2 – втулково-роликівий ланцюг; 3 – заспокоювач ланцюга; 4 – зірочка урухомлення масляного насоса; 5 – зірочка колінчастого вала (ведуча); 6 – обмежувальний палець; 7 – башмак натяжного пристрою; 8 – натяжний пристрій; А, Б – установлювальні позначки

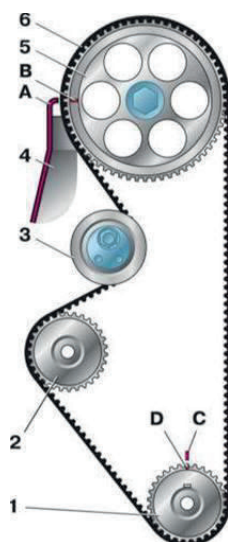


Рис. 1.19. Схема привода розподільного вала за допомогою зубчастого паса:

- 1 – зубчастий шків колінчастого вала; 2 – зубчастий шків насоса охолоджувальної рідини; 3 – натяжний ролик; 4 – задня накривка; 5 – зубчастий шків розподільного вала; 6 – зубчастий пас; А – установлювальний виступ на задній захисній накривці; В – познака на шківі розподільного вала; С – познака на накривці масляного насоса; D – познака на шківі колінчастого вала

Основні деталі ГРМ. Перелік деталей газорозподільного механізму залежить від його конструкції. Найбільше деталей у конструкції з нижнім розміщенням газорозподільного вала та верхнім розміщенням клапанів.

Для забезпечення кращого наповнення циліндрів свіжим зврядом тарілка впускного клапана має більший діаметр. З цієї ж метою виготовляють багатоклапанні механізми газорозподілу (число клапанів на один циліндр більше двох).

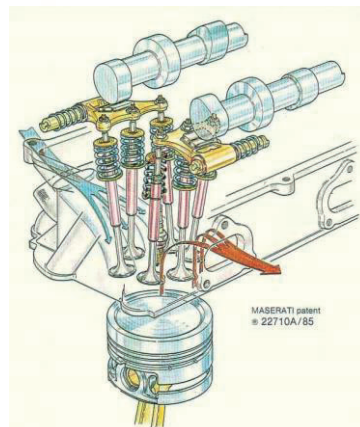
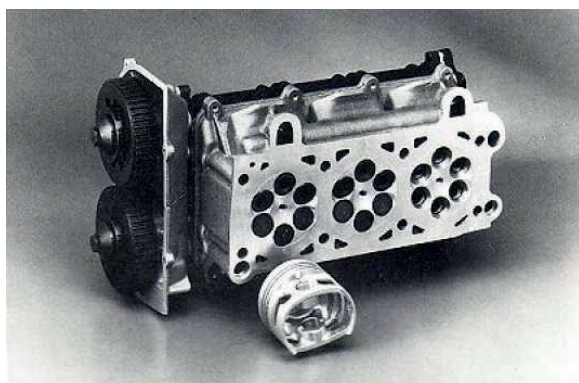


Рис. 1.20. Багатоклапанні головки блоку циліндрів

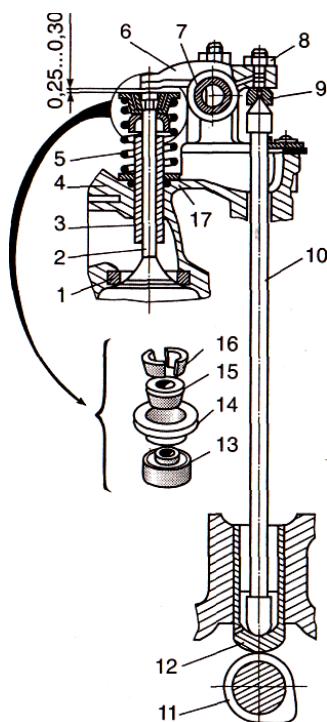


Рис. 1.21. Газорозподільний механізм з нижнім розташуванням розподільного вала та верхнім - клапанів:

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

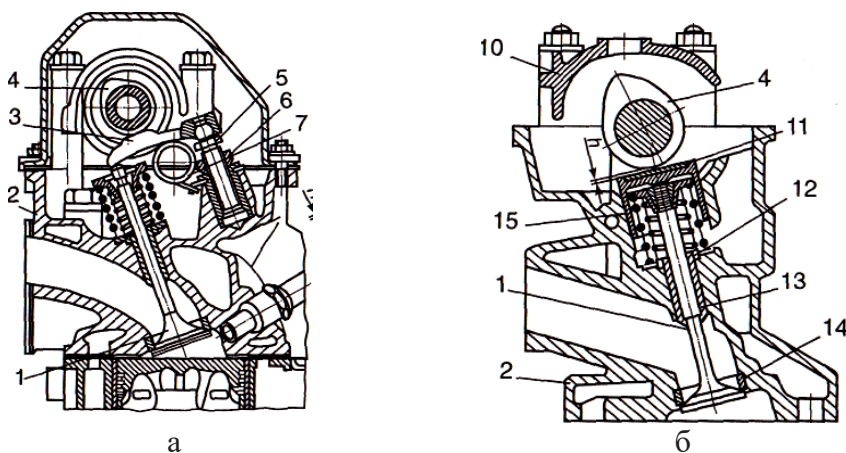


Рис. 1.22. Газорозподільні механізми з верхнім розташуванням розподільного вала та клапанів:

а - ВАЗ-2105, ВАЗ-2107; б - ВАЗ-2108, ВАЗ-2109; 1 - клапани; 2 - головка блока циліндрів; 3- важіль; 4- кулачки розподільного вала; 5 - болт; 6 - контргайка; 7 - шпилькова пружина; 10 - корпус; 11 - шайба; 12- ковпачки оливовідбивачів; 13 - напрямна втулка; 14 - чавунне сідло; 15 - штовхач

Впускні та випускні клапани різняться матеріалом, з якого вони виготовлені, а в деяких випадках – конструкцією.

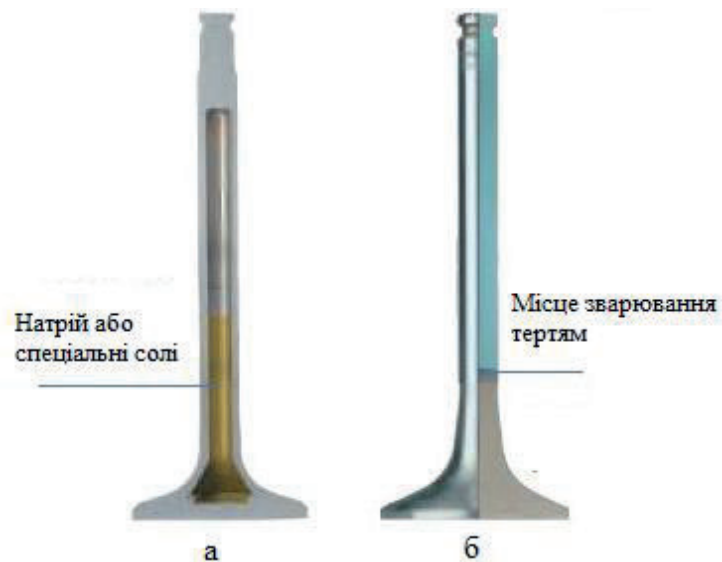


Рис. 1.23. Випускні клапани з наповнювачем (а) і біметалевий (б)

Газорозподільний вал забезпечує відкриття клапанів. Його основні поверхні – опорні шийки та кулачки. У деяких конструкціях на валі можуть розміщуватися елементи привода інших агрегатів двигуна (оливного насоса, паливного насоса, переривника-розподільника системи запалювання).

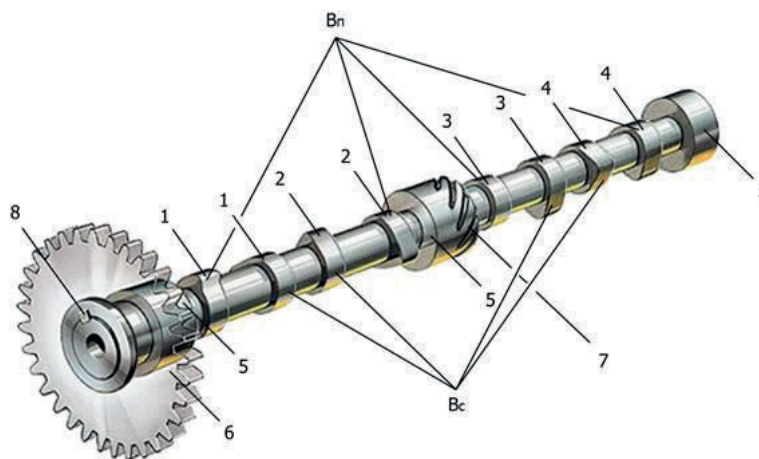


Рис. 1.24. Розподільний вал чотирициліндрового двигуна:
1, 2, 3, 4 - кулачки (вп – впускні, вс – випускні); 5 - опори; 6 – шестірня розподільного вала; 7 – шестірня переривника-розподільника; 8 - шпонка

Фази газорозподілу - це моменти початку відкривання та кінця закривання клапанів, виражені в градусах кута повороту колінчастого вала відносно мертвих точок. Фази газорозподілу добирають експериментально на заводі залежно від частоти обертання колінчастого вала при максимальній потужності двигуна та від конструкції його впускного й випускного газопроводів і зазначають у вигляді діаграм або таблиць.

Графічне зображення фаз газорозподілу називають діаграмою фаз газорозподілу.

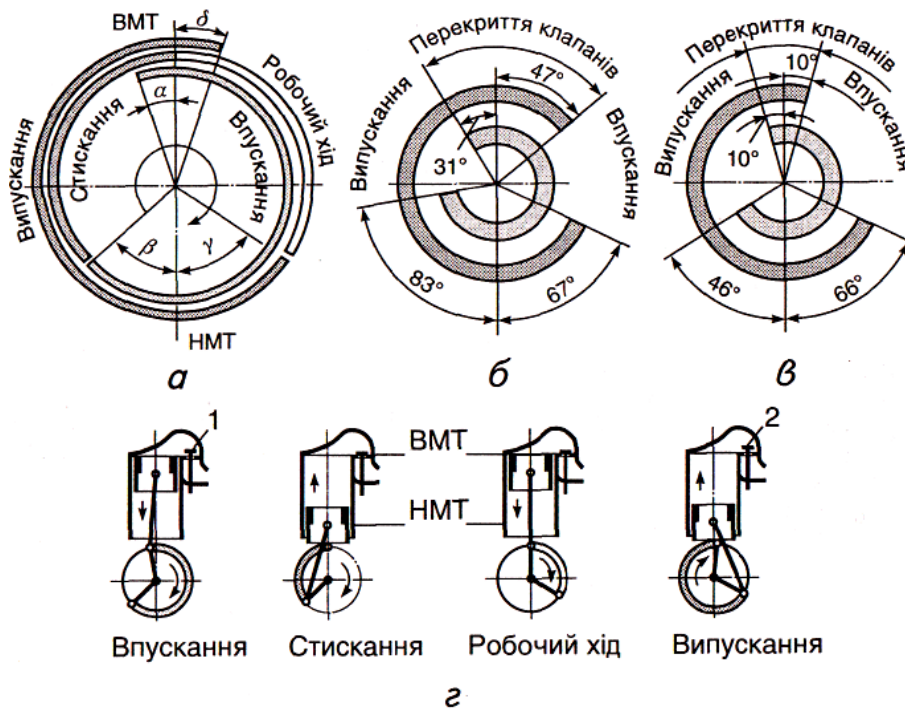


Рис. 1.25. Діаграми фаз газорозподілу чотиритактного двигуна (а), двигунів ЗИЛ-130 (б), КамАЗ-740 (в) та положення поршнів, що відповідають фазам газорозподілу (г)

Гідрокомпенсатори зазорів

При експлуатації двигуна деталі ГРМ зношуються, що призводить до збільшення теплового зазору. Тому періодично виникає необхідність у його регулюванні, операції досить трудомісткій і відповідальній. Неправильно встановлений тепловий зазор приводить до нещільного закривання клапанів або характерного металевого стукоту, що викликає підвищене зношування деталей ГРМ.

Практично всі сучасні двигуни мають гідрокомпенсатори, що автоматично усувають зазори в газорозподільному механізмі.

Гідравлічні компенсатори зазорів у ГРМ забезпечують його нешумну роботу і повне закриття клапанів.

Принцип дії гідрокомпенсатора полягає в автоматичній зміні його довжини на величину, що рівна зазору в ГРМ. Це досягається переміщенням його деталей під дією пружини і подачею оливи з системи мащення двигуна.

Основними деталями гідрокомпенсатора є: корпус, плунжерна пара, пружина плунжера і зворотний клапан (рис. 1.26.).

Корпусом може служити (залежно від конструкції привода клапанів) циліндричний штовхач, коромисло або частина головки блоку циліндрів.

Плунжерна пара складається з втулки, що забезпечує рух плунжера в строго заданому напрямі (зазор між ними складає 5–8 мкм для забезпечення герметичності), та плунжера – сталюого циліндра, в нижній частині якого є отвір, що сполучає порожнини всередині плунжера і під ним. У деяких конструкціях з одноплечим важелем використовується плунжер без внутрішньої порожнини, а верхня частина його має вигляд сферичної головки і

служить опорю. Пружина плунжера розташована між ним і втулкою (у порожнині під плунжером). Зворотний клапан у більшості випадків є сталюю підпружиненою кулькою.

Схема роботи гідрокомпенсатора, корпусом якого є штовхач, показана на рис. 1.27.

Кулачок вала, повернений до штовхача тильною стороною, не передає на нього зусилля і плунжерна пружина висуває плунжер з втулки, вибираючи зазор. В об'єм порожнини під плунжером, що збільшився, через кульковий клапан поступає олива з системи мащення. Після її заповнення кульковий клапан закривається під дією своєї пружини.

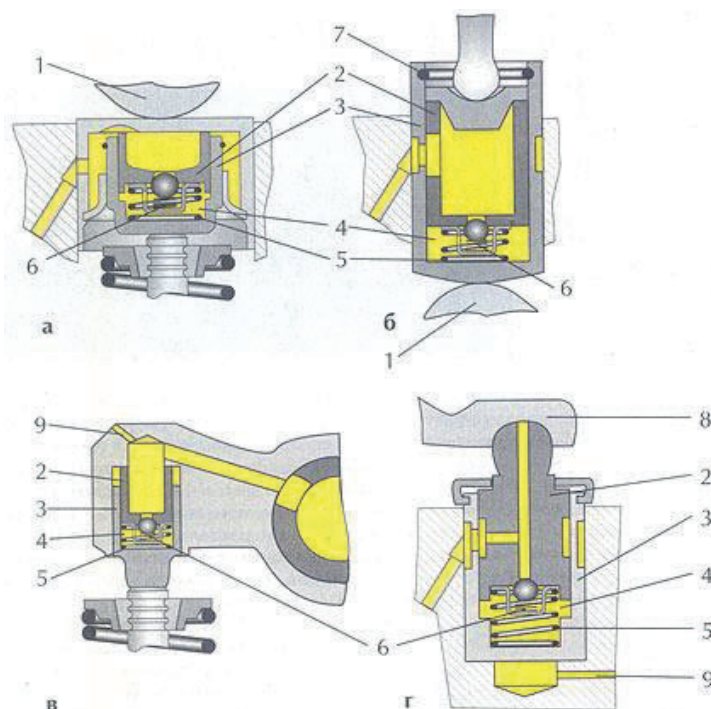


Рис. 1.26. Розташування гідрокомпенсаторів:

а – у штовхачі з верхнім валом; б – у штовхачі з нижнім валом; в – у коромислі; г – в опорі важеля привода клапана ГРМ; 1 – кулачок; 2 – плунжер; 3 – втулка плунжера; 4 – порожнина під плунжером; 5 – пружина плунжера; 6 – пружина кулькового клапана; 7 – стопорне кільце; 8 – важіль привода клапана; 9 – дренажний отвір

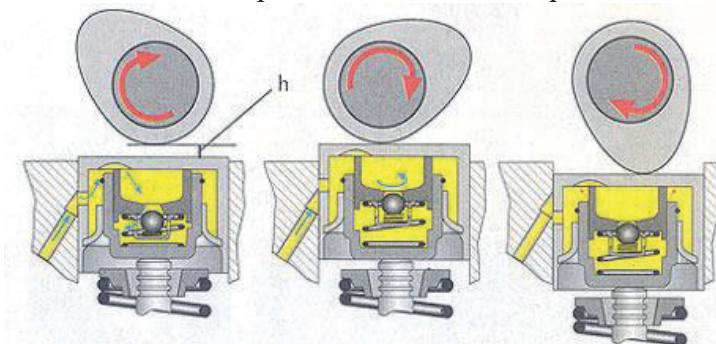


Рис. 1.27. Схема роботи гідрокомпенсатора

Повертаючись опуклою стороною до штовхача, кулачок починає переміщати його вниз. У цей момент гідрокомпенсатор передає зусилля на

клапан ГРМ як жорсткий елемент, оскільки кульковий клапан закритий, а олива в замкнутій порожнині під плунжером практично не стискається.

При переміщенні штовхача і, відповідно, плунжерної пари вниз невелика частина оливи видавлюється через зазори з порожнини під плунжером. Довжина гідрокомпенсатора трохи зменшується і утворюється зазор (згаданий вище) між кулачком і штовхачем. Втрати компенсуються додатковою порцією оливи з системи мащення двигуна.

Розширення деталей при нагріванні призводить до зміни об'єму «поповнювальної» порції оливи і довжини гідрокомпенсатора, тобто він автоматично усуває зазор як від теплового розширення, так і від зношування деталей ГРМ.

Система зміни фаз газорозподілу

Система зміни фаз газорозподілу призначена для зміни часу відкриття клапанів і застосовується для покращення показників ефективності, економності та токсичності двигуна. Система все частіше використовується разом із системою зміни висоти підйому клапанів.

Зміна фаз газорозподілу може досягатися різними способами: повністю механічним, електро-гідравлічним та при конструкції двигунів без використання газорозподільного вала. Однією з причин впровадження автовиробниками систем зміни фаз газорозподілу є законодавче посилення норм токсичності.

Суть роботи системи полягає у коригуванні фази відкриття клапанів. Залежно від конструктивних особливостей кожної із систем, реалізується це кількома шляхами:

- поворотом розподільного вала щодо привідної шестерні вала;
- включенням у роботу на певних оборотах колінчастого вала кулачків, форма яких підходить для режимів вищих потужностей;
- зміною висоти підйому клапанів.

Найбільшого поширення набули системи, у яких регулювання фаз здійснюється зміною кутового положення розподільного вала щодо шестерні.



Рис. 1.28. Схема роботи механізму зміни фаз газорозподілу з поворотом вала:

1 – втулка зі спіральними зубами; 2 – пружина; α° – діапазон зміни фаз газорозподілу

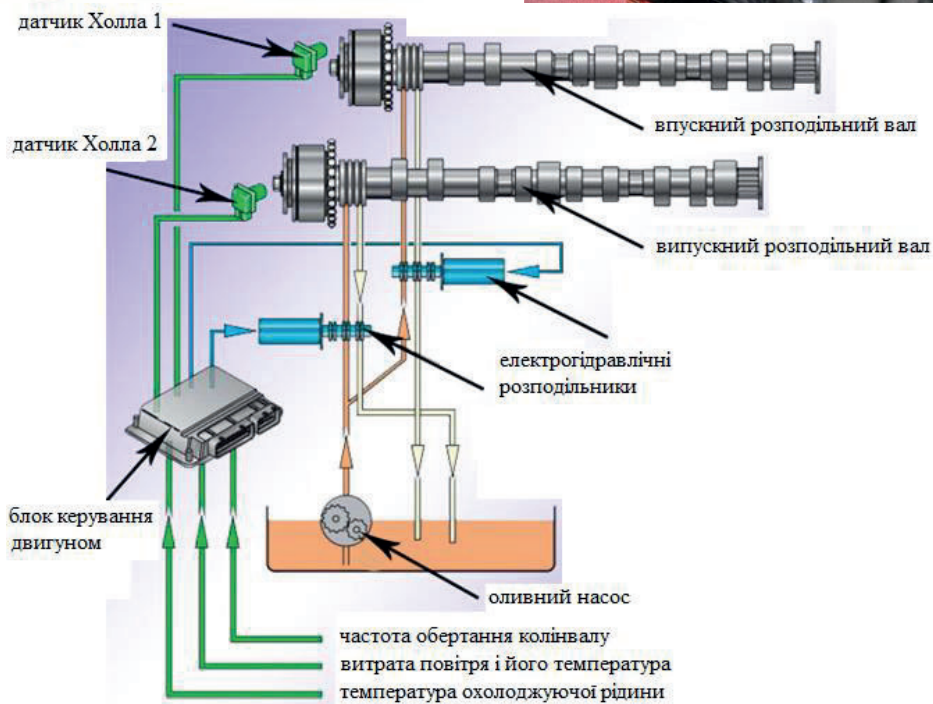
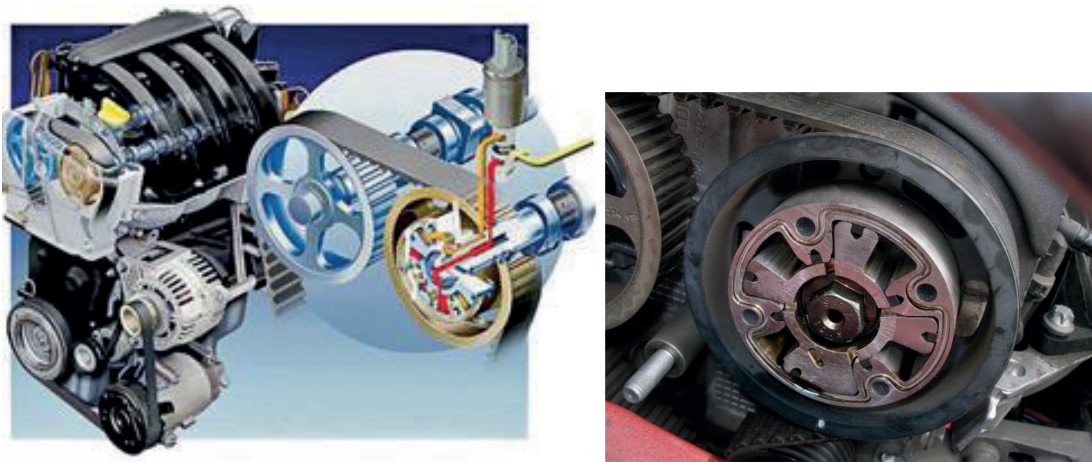


Рис. 1.29. Система зміни фаз з гідрокерованими муфтами

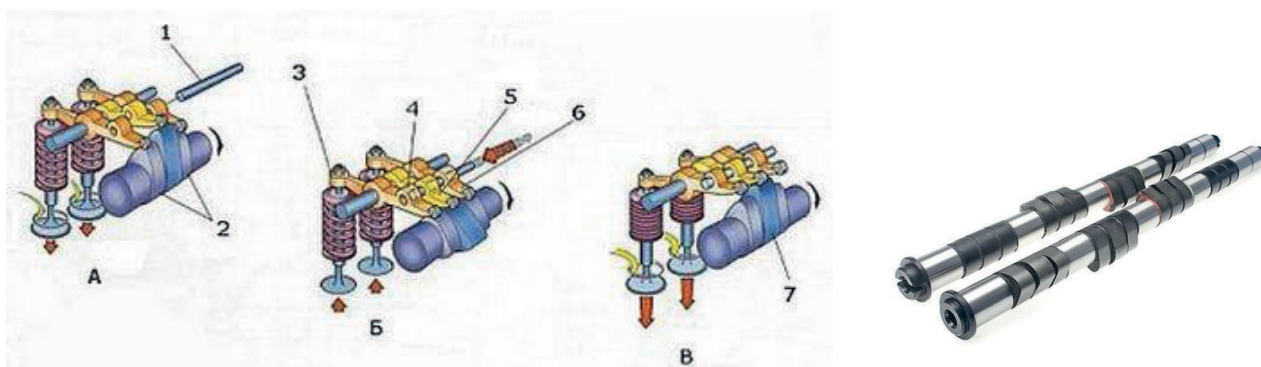


Рис. 1.30. Система зміни фаз з кулачками різної форми:

А - режим низький обертів двигуна; Б - перехід з одного режиму на інший; В - режим високих обертів двигуна; Г – розподільні вали з кулачками різної форми; 1 - блокуючий механізм (стопорний штифт); 2 - малі кулачки (кулачки низьких обертів); 3 - впускний клапан; 4 - коромисло (рокер) першого впускного клапана; 5 - проміжне коромисло; 6 - коромисло другого впускного клапана; 7 - великий кулачок (кулачок високих обертів)

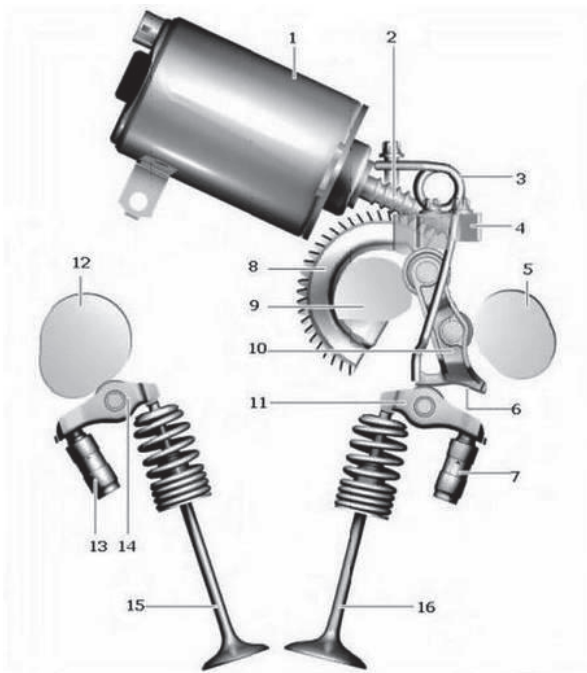


Рис. 1.31. Механізм регулювання висоти підняття клапана:

1 - сервопривід (електродвигун); 2 - черв'ячний вал; 3 - поворотна пружина; 4 - кулісний блок; 5 - впускний розподільний вал; 6 - похила частина проміжного важеля; 7 - гідрокомпенсатор впускного клапана; 8 - черв'ячне колесо; 9 - ексцентриковий вал; 10 - проміжний важіль; 11 - коромисло впускного клапана; 12 - впускний розподільний вал; 13 - гідрокомпенсатор випускного клапана; 14 - коромисло випускного клапана; 15 - випускний клапан; 16 - впускний клапан

Завдання до лабораторної роботи

1. Кривошипно-шатунний механізм: вивчити загальну будову механізма; оглянути деталі механізма; вивчити їх конструктивні особливості, взаємодію; звернути увагу на матеріал, з якого виготовлені дані деталі; виявити відмінності у будові окремих деталей механізмів різних двигунів.

2. Газорозподільний механізм: вивчити загальну будову механізма, оглянути деталі механізма, вивчити їх конструктивні особливості, взаємодію між собою; звернути увагу на матеріал, з якого виготовлені дані деталі; виявити можливі відмінності у будові впускних і випускних клапанів; звернути увагу на будову та роботу механізма для прокручування випускних клапанів двигуна ЗИЛ-130; вивчити будову і роботу гідравлічного компенсатора зазору в механізмі, ознайомитися із послідовністю регулювання теплового зазору в клапанному механізмі. Ознайомитися з механізмами зміни фаз газорозподілу.

Таблиця 1.1. Характеристика кривошипно-шатунного механізма

№ з/п	Найменування параметрів	Значення параметрів
1.	Двигун	
2.	Кількість і розташування циліндрів	
3.	Діаметр циліндра	
4.	Хід поршня	
5.	Ступінь стиску	

6.	Розміри поршня: діаметр ущільнювальної частини; діаметр направляючої частини в площині поршневого пальця; діаметр направляючої частини в площині перпендикулярній до поршневого пальця	
7.	Овальність направляючої частини	
8.	Конусоподібність поршня	
9.	Засоби, що запобігають заклинюванню поршня	
10.	Заходи зі зменшення маси поршня	
11.	Тип і кріплення поршневого пальця	
12.	Кількість поршневих кілець	
13.	Колінчастий вал: кількість корінних шийок; кількість шатунних шийок; спосіб фіксації вала від осьового зміщення	

Таблиця 1.2. Характеристика газорозподільного механізму

№ з/п	Найменування параметрів	Значення параметрів
1.	Двигун	
2.	Порядок роботи циліндрів	
3.	Тип механізму газорозподілу	
4.	Діаметр тарілки клапана: впускного; випускного	
5.	Заходи з охолодження випускного клапана	
6.	Зазор між стержнем клапана і коромислом: для впускних клапанів; для випускних клапанів	
7.	Тип штовхача	
8.	Спосіб обертання штовхача	
9.	Розподільний вал: кількість опорних шийок; спосіб фіксації від осьового зміщення; наявність елементів привода допоміжних механізмів і пристроїв	
10.	Тип привода механізму газорозподілу	
11.	Фази газорозподілу (у градусах повороту колінвала): випередження відкриття впускного клапана; запізнення закриття впускного клапана; випередження відкриття випускного клапана; запізнення закриття випускного клапана;	

	тривалість фази впуску; тривалість фази випуску; перекриття клапанів	
--	--	--

Завдання до звіту

1. Дати характеристику кривошипно-шатунного (таблиця 1.1.) та газорозподільного (таблиця 1.2.) механізмів двигуна (марку двигуна вказує викладач).
2. Виконати схеми газорозподільних механізмів з нижнім і верхнім розміщенням газорозподільного вала.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення КШМ та ГРМ?
2. З яких основних деталей складаються КШМ та ГРМ?
3. Які конструктивні рішення запобігають заклинюванню поршня?
4. Яке призначення поршневих кілець?
5. Які особливості будови КШМ дизельних двигунів та двигунів з повітряним охолодженням?
6. Які можливі відмінності у будові впускного та випускного клапанів?
7. Що таке фази газорозподілу? З якою метою клапани відкривають з випередженням і закривають з запізненням?
8. Яка будова і як працює гідрокомпенсатор зазору в клапанному механізмі?
9. Яке призначення системи зміни фаз газорозподілу?
10. З яких матеріалів виготовляють основні деталі КШМ та ГРМ?

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов – Київ : Вища школа, 1991. – 304 с.
2. Кислик В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кислик, В. В. Луцик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
4. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Вивчення будови та роботи систем мащення та охолодження автомобільних двигунів

Мета: вивчити будову та роботу систем мащення та охолодження, виявити їх конструктивні та експлуатаційні особливості.

Обладнання: двигуни (ВАЗ-2106, ЗМЗ-53, КамАЗ-740, Mazda, Audi), деталі та агрегати систем, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Призначення та загальна будова системи мащення.
2. Асортимент автомобільних олиव.
3. Призначення та загальна будова рідинної та повітряної систем охолодження.
4. Охолоджувальні рідини та їх властивості.

Теоретичні відомості Система охолодження

Система охолодження призначена для підтримування оптимального температурного режиму двигуна.

У разі перегрівання двигуна внаслідок недостатнього відведення теплоти його потужність зменшується, а витрата палива збільшується. Крім того, це може призвести до заклинювання поршнів, обгоряння головок клапанів, вигорання мастила, виплавлення вкладишів підшипників, руйнування поверхні шийок колінчастого вала. У бензиновому двигуні може виникнути детонація.

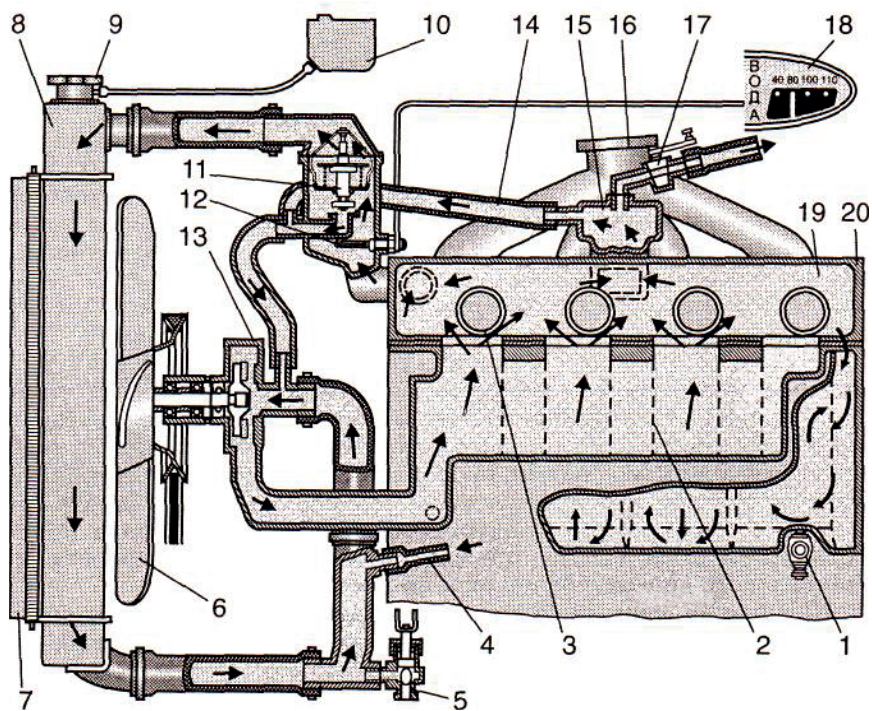
У разі переохолодження двигуна внаслідок втрати теплоти його потужність знижується, збільшуються втрати на тертя через густу оливу; частина робочої суміші конденсується, змиваючи оливу зі стінок циліндра, підвищується корозійне спрацьовування стінок циліндрів унаслідок утворення сірчаних сполук.

В автомобільних двигунах застосовують такі системи охолодження: рідинну (здебільшого) та повітряну (рідше).

Температура охолоджуючої рідини у головці блока циліндрів має становити 80–95°C. Такий температурний режим найвигідніший, забезпечує нормальну роботу двигуна й не повинен змінюватися залежно від температури навколишнього повітря та навантаження двигуна.

Рідинні системи охолодження бувають відкриті та закриті. *Відкрита* система охолодження безпосередньо сполучається з навколишньою атмосферою, а *закрита*, що застосовується у сучасних двигунах, - періодично, через спеціальні клапани в кришці радіатора або розширювального бачка. У закритих системах охолодження температура кипіння охолоджуючої рідини вища й вона менше випаровується. Крім того, циркуляція рідини примусова. Як охолоджуючу рідину використовують воду або антифризи.

Для повітряних систем охолодження характерна безпосередня передача теплоти в атмосферу. Потрібна інтенсивність охолодження досягається за допомогою охолоджувальних ребер, вентилятора та рефлекторів. Витрата охолоджуючого повітря може регулюватися. Система проста за будовою та в експлуатації, забезпечує швидке прогрівання двигуна після запуску, має невелику масу. Недоліки системи повітряного охолодження: велика потужність, що витрачається на привод вентилятора; шумність роботи; нерівномірність відведення теплоти по висоті циліндра.



→ Напрямок примусової циркуляції
 ⇌ } Напрямок природної (термосифонної) циркуляції

Рис. 2.1. Схема рідинної системи охолодження двигуна:

1, 5 - зливальні краники; 2 - гільза циліндра; 3 - випускний трубопровід; 4 - відвідний шланг до опалювача; 6- вентилятор; 7- жалюзі радіатора; 8 - радіатор; 9 - кришка заливної горловини; 10 - розширювальний бачок; 11 - термостат; 12 - датчик показника температури охолоджуючої рідини; 13 - відцентровий насос; 14 - відвідний шланг камери підігрівання впускного трубопроводу; 15 - камера підігрівання впускного трубопроводу; 16 - впускний трубопровід; 17 - кран відбирання рідини в опалювач; 18- показчик температури охолоджуючої рідини; 19 - сорочка головки блока циліндрів; 20 – сорочка блока циліндрів

Принцип дії рідинної системи охолодження (рис. 2.1.). Відцентровий насос, який приводиться в дію пасовою передачею від шківів колінчастого вала, засмоктує охолоджуючу рідину з нижньої частини радіатора через патрубок і нагнітає її в сорочку охолодження циліндрів. Охолоджуюча рідина обмиває насамперед найбільш нагріті деталі двигуна, відбирає частину теплоти, а потім через верхній патрубок подається у верхній бачок радіатора. Проходячи крізь серцевину радіатора в нижній бачок, нагріта рідина охолоджується й знову

спрямовується до відцентрового насоса. Водночас частина нагрітої рідини надходить у сорочку впускного трубопроводу для підігрівання пальної суміші, а також у разі потреби відводиться через спеціальний кран в опалювач салону кузова.

Термостат – автоматичний клапан, який підтримує температурний режим двигуна і залежно від температури охолоджуючої рідини відкриває її доступ до радіатора. Принцип роботи термостата ґрунтується на властивості речовин змінювати свій об'єм із зміною температури.

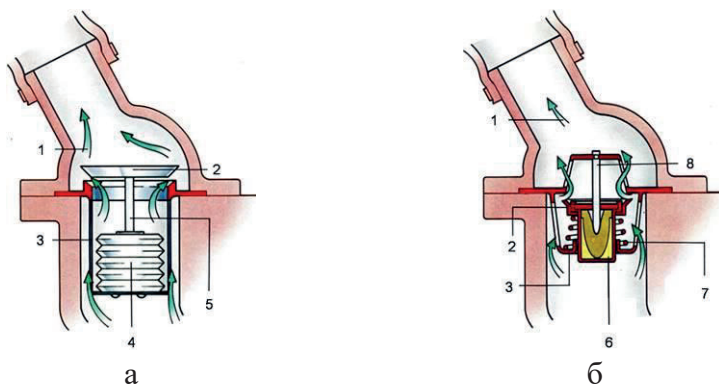


Рис. 2.2. Термостат:

а – рідинний термостат; б – термостат із твердим наповнювачем; 1 – патрубок до радіатора; 2 – клапан; 3 – мідний або латунний балон; 4 – гофрований циліндр (сильфон); 5 – шток; 6 – термочутлива речовина; 7 – поршень

Радіатор призначений для охолодження рідини, що відводить теплоту від двигуна. Він складається з нижнього та верхнього бачків, серцевини, патрубків і заливної горловини з пробкою.

Патрубки бачків через прогумовані шланги сполучають радіатор із сорочкою охолодження блока циліндрів. Заливна горловина радіатора герметично закривається пробкою, в яку встановлено випускний (паровий) і перепускний (повітряний) клапани.

Випускний клапан відкривається, коли тиск у системі охолодження підвищується до 0,15 МПа. При цьому вода, що застосовується як охолоджуюча рідина, закипає за температури 109°C. Якщо клапан стерильний, рідина, яка закипає, або пара відводиться у розширювальний бачок, що запобігає руйнуванню радіатора й патрубків.

Перепускний клапан відкривається, коли тиск у системі знижується до 0,01 МПа внаслідок зменшення об'єму охолоджуючої рідини або конденсації парів рідини під час остигання двигуна. При цьому в радіатор надходить рідина з розширювального бачка, що запобігає сплющуванню трубок серцевини радіатора атмосферним тиском.

Розширювальний бачок 10 (див. рис. 2.1.), який виготовляється із пластмаси, містить певний об'єм охолоджуючої рідини й призначений для компенсації зміни об'єму охолоджуючої рідини в системі охолодження під час роботи двигуна.

Відцентровий водяний насос встановлюється у передній частині блока циліндрів і забезпечує примусову циркуляцію рідини в системі охолодження. Привід здійснюється пасом від шківів колінчастого вала. Під час роботи двигуна крильчатка насоса своїми лопатями захоплює охолоджуючу рідину, що надходить з нижнього бачка радіатора, під дією відцентрової сили відкидає її до стінок корпусу й нагнітає в сорочку блока й головки циліндрів.

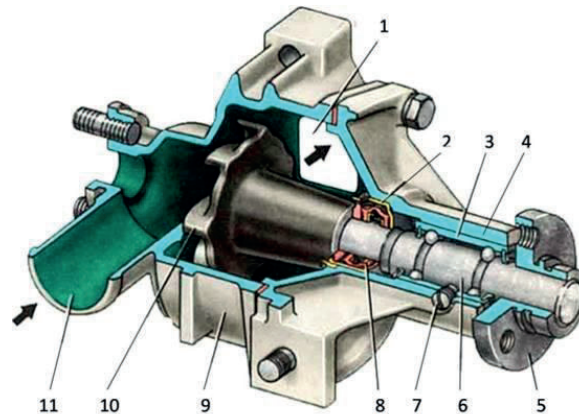


Рис. 2.3. Рідинний насос автомобіля ВАЗ-2107:

- 1 – вікно для подачі в блок охолоджувальної рідини; 2 – обойма защільника;
 3 – вальниці вала насоса; 4 – накривка насоса; 5 – маточина шківів водяного насоса; 6 – вал водяного насоса; 7 – стопорний гвинт; 8 – манжета защільника; 9 – корпус насоса;
 10 – крильчатка водяного насоса; 11 – патрубок подачі рідини в насос

Вентилятор призначений для створення сильного потоку повітря, що просмоктується через серцевину радіатора, для швидшого охолодження в ньому рідини. Лопаті вентилятора разом із приводним шківом кріпляться болтами до маточини вала відцентрового насоса. Вентилятор може мати постійний механічний (пасовий) привід, або вмикатися автоматично, при досягненні певного температурного режиму двигуна (у такому випадку привід може здійснюватися через в'язкісну муфту, гідромуфту, електромагнітну муфту чи від електродвигуна).

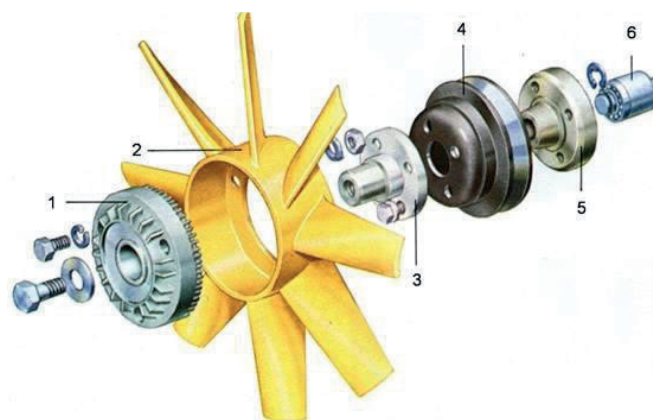


Рис. 2.4. Привід вентилятора в'язкісною муфтою:

- 1 – віскомуфта; 2 – вентилятор; 3 – приводний вал; 4 – шків вентилятора;
 5 – маточина вентилятора; 6 – підшипник

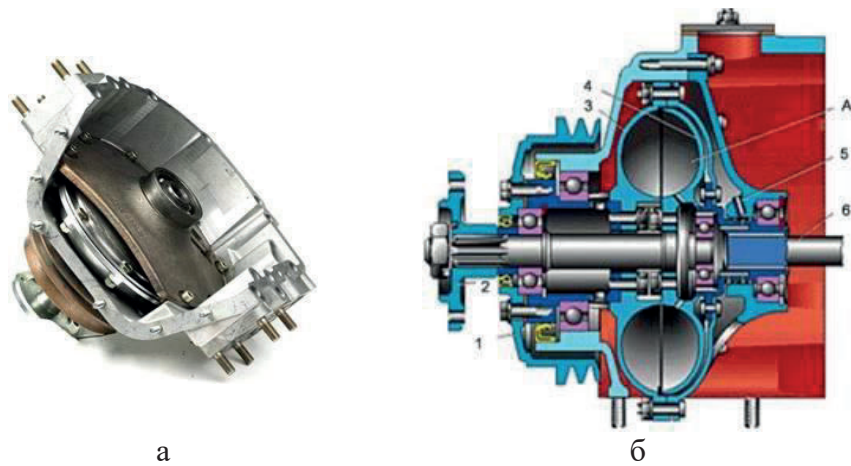


Рис. 2.5. Гідравлічна муфта привода вентилятора двигуна КамАЗ-740:
 а – загальний вигляд; б – будова: 1 – шків; 2 – маточина вентилятора; 3 – ведуче колесо гідромуфти; 4 – ведене колесо гідромуфти; 5 – трубки подачі масла в робочу порожнину; 6 – ведучий вал; А – робоча порожнина

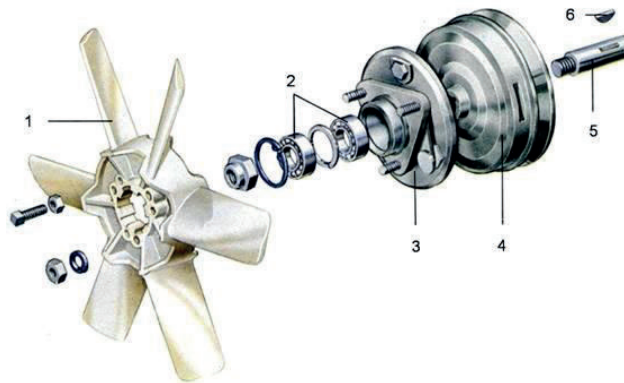


Рис. 2.6. Привід вентилятора електромагнітною муфтою:
 1 – вентилятор; 2 – підшипники; 3 – стальне кільце; 4 – електромагнітний шків вентилятора; 5 – привідний вал; 6 – шпонка

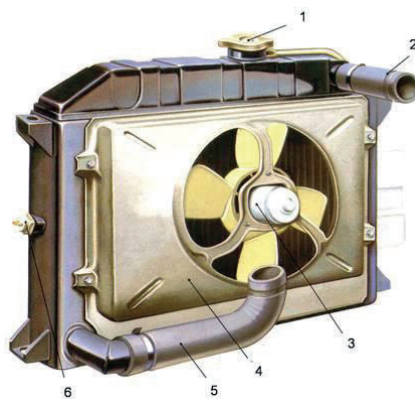


Рис. 2.7. Електричний привід вентилятора:
 1 – пробка радіатора; 2 – верхній патрубок; 3 – електричний двигун;
 4 – дифузор; 5 – нижній патрубок; 6 – датчик

Жалюзі складаються з вертикальних пластин, шарнірно закріплених угорі та внизу перед радіатором. Повертання пластин для зміни кількості повітря, що проходить крізь серцевину радіатора, а отже, регулювання температури охолоджуючої рідини здійснюються рукояткою з місця водія.

Для зливання охолоджуючої рідини із системи встановлюють зливальні краники.

З метою оптимізації процесу охолодження двигуна застосовують системи з електронним регулюванням: з електронним термостатом; двоконтурні системи охолодження.

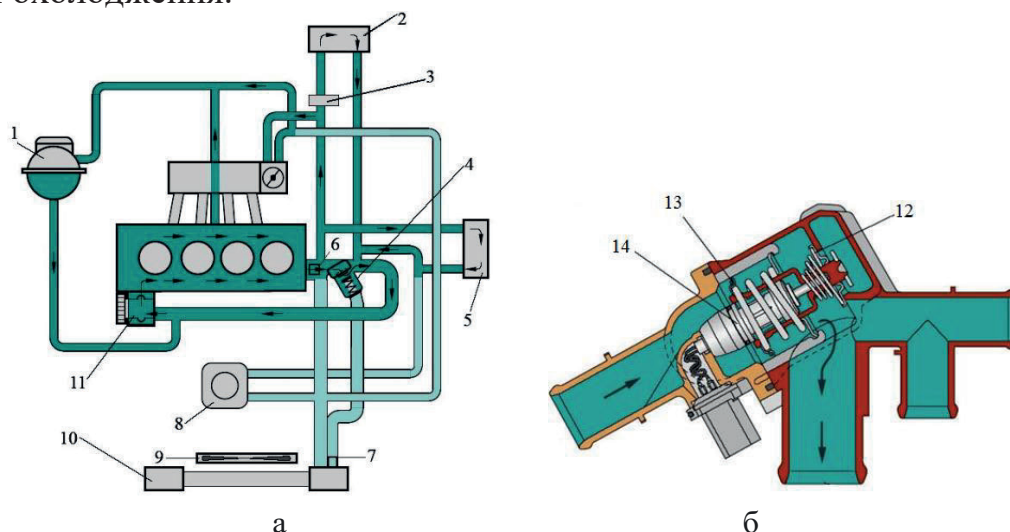


Рис. 2.7. Система охолодження з електронним керуванням (а – схема, б – електронний термостат):

1 – розширювальний бачок; 2 – радіатор системи охолодження; 3 – клапан відключення радіатора системи охолодження; 4 – розподільвач охолоджуючої рідини з електронним термостатом; 5 – оливний радіатор коробки передач; 6 – датчик температури охолоджуючої рідини (на виході рідини з двигуна); 7 – датчик температури охолоджуючої рідини (на виході рідини з радіатора); 8 – оливний радіатор; 9 – вентилятори; 10 – основний радіатор системи охолодження; 11 – рідинний насос; 12 – мала клапанна тарілка; 13 – велика клапанна тарілка; 14 – електронний термостат

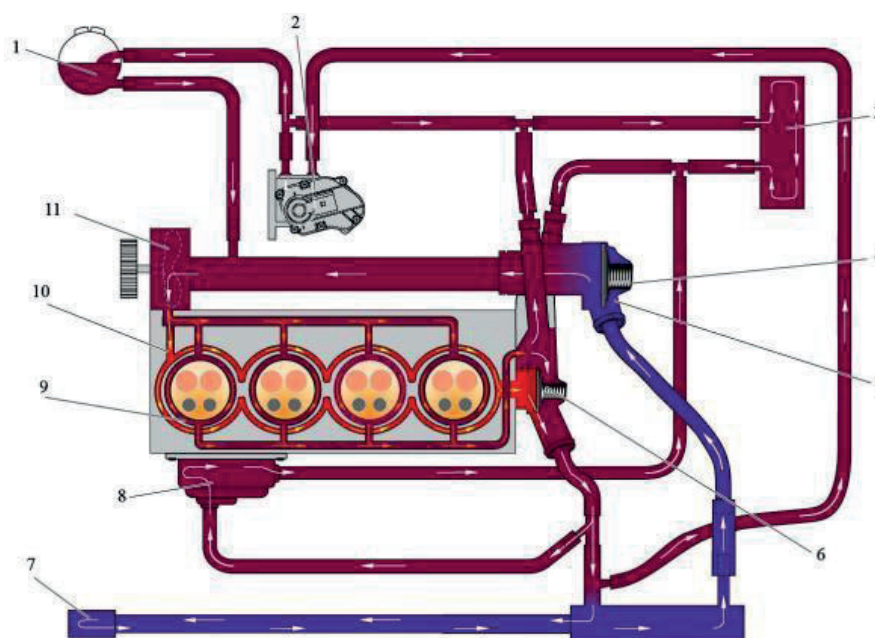


Рис. 2.8. Двоконтурна система охолодження (температура рідини у контурі блоку циліндрів не вище 105°C, у контурі головки блоку – не вище 87°C):

1 – розширювальний бачок; 2 – клапан перепуску відпрацьованих газів; 3 – радіатор обігрівача; 4 – термостат головки циліндрів; 5 – корпус термостата; 6 – термостат блока циліндрів; 7 – радіатор; 8 – охолоджувач оливи; 9 – контур охолодження головки циліндрів; 10 – контур охолодження блоку циліндрів; 11 – рідинний насос з електричним приводом

Система мащення

У двигуні, що працює, багато спряжених деталей переміщуються одна відносно одної. На подолання сил тертя, що виникають при цьому, витрачається частина потужності двигуна. Крім того, тертя призводить до нагрівання й спрацьовування деталей. Головний і найефективніший спосіб зменшення сил тертя - введення шару мастила між тертьовими поверхнями. Крім того, мастило охолоджує деталі, що змащуються, й забирає тверді частинки, які утворюються внаслідок спрацьовування тертьових поверхонь, запобігає корозії деталей, зменшує зазори.

До системи мащення входять: оливний насос; фільтр (оливо-очисник); оливний радіатор; контрольні прилади - датчик і показчик тиску оливи. Для забезпечення циркуляції оливи в картері (блоці циліндрів), колінчастому й розподільному валах, коромислах зроблені спеціальні оливні канали. До системи мащення належать також пристрої для вентиляції картера.

У двигунах автомобілів застосовують комбіновану систему мащення: найбільш навантажені деталі змащуються під тиском, а решта - спрямованим розбризкуванням оливи, котра витікає із зазору між спряженими деталями.

У двигуні автомобіля КамАЗ-740 (рис. 2.9.) олива з піддона через оливоприймач засмоктується в дві секції оливного насоса. З нагнітальної секції насоса каналом у правій стінці блока циліндрів олива подається в корпус повнопотокового фільтра, де вона очищається, проходячи крізь два фільтрувальних елементи, й надходить у головну оливну лінію. Звідти каналами в блоці й головках циліндрів олива підводиться до корінних підшипників колінчастого вала, підшипників розподільного вала, втулок коромисел і каналом у штангах клапанів - до штовхачів. До шатунних підшипників колінчастого вала олива надходить каналом усередині колінчастого вала.

Олива, що знімається зі стінок циліндрів оливознімним кільцем, крізь отвори в канавці кільця та отвори в поршні відводиться всередину його і змащує опори поршневого пальця в бобишках поршня та у верхній головці шатуна. З каналу в задній стінці блока циліндрів олива під тиском трубкою подається до підшипників компресора. З каналу в передній стінці блока циліндрів олива спрямовується до підшипників паливного насоса високого тиску. З головної лінії олива під тиском подається у термосиловий датчик, який керує роботою гідромумфти привода вентилятора залежно від температури рідини в системі охолодження.

З радіаторної секції насоса олива надходить у фільтр відцентрового очищення й, проходячи через радіатор, зливається в піддон. Якщо кран оливного радіатора закритий, то олива з центрифуги зливається у піддон картера через зливальний клапан.

Для створення найкращих умов мащення в системі має підтримуватися певний тиск: 0,2–0,4 МПа в легкових автомобілях, 0,4–0,6 МПа - у вантажних.

Оливний насос створює тиск оливи й забезпечує циркуляцію її в системі мащення.

Оливний фільтр призначений для очищення оливи від частинок металу (продуктів спрацювання), нагару, смол, пилу. В автомобілях, що вивчаються, встановлюється один оливний фільтр. Крізь нього проходить уся олива, що подається насосом. Такі фільтри називають *повнопотокowymi*.

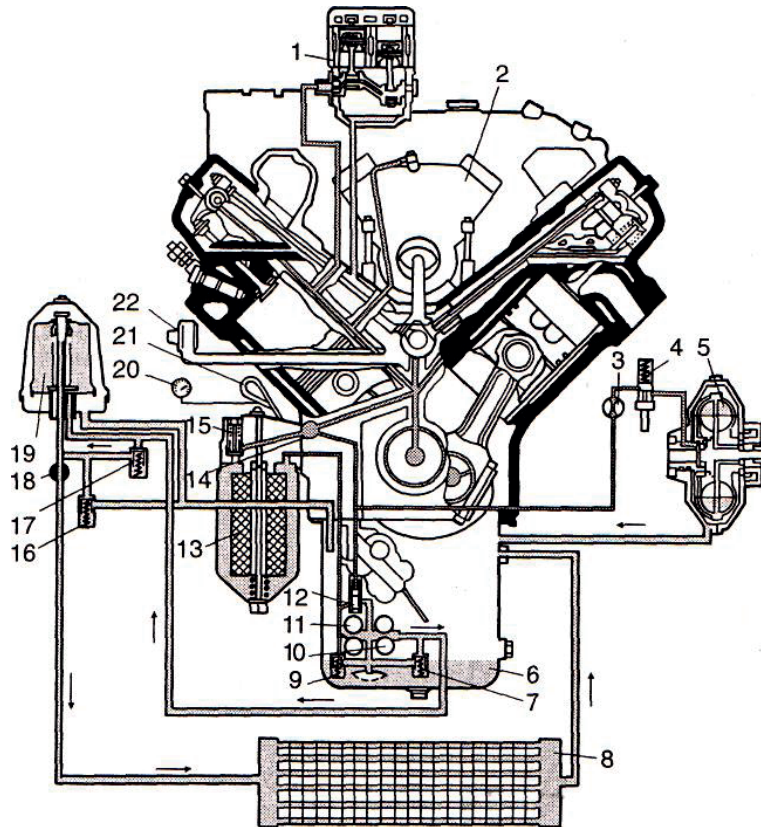


Рис. 2.9. Схема системи мащення дизеля КамАЗ-740:

1 - компресор; 2 - паливний насос високого тиску; 3 - кран умикання гідромуфти; 4 - термосиловий датчик; 5 - гідромуфта привода вентилятора; 6 - піддон; 7 - запобіжний клапан радіаторної секції; 8 - оливний радіатор; 9, 12 - відповідно запобіжний та диференціальний клапани; 10, 11 - відповідно радіаторна й нагнітальна секції оливного насоса; 13 - повнопоточковий фільтр; 14 - головна оливна лінія; 15 - перепускний кран фільтра; 16 - зливальний кран центрифуги; 17 - обмежувач; 18 - кран; 19 - центрифуга; 20 - манометр; 21 - щуп; 22 - сапун



Рис. 2.10. Шестерінчасті насоси системи мащення:
а – із зовнішнім зачепленням; б – із внутрішнім зачепленням

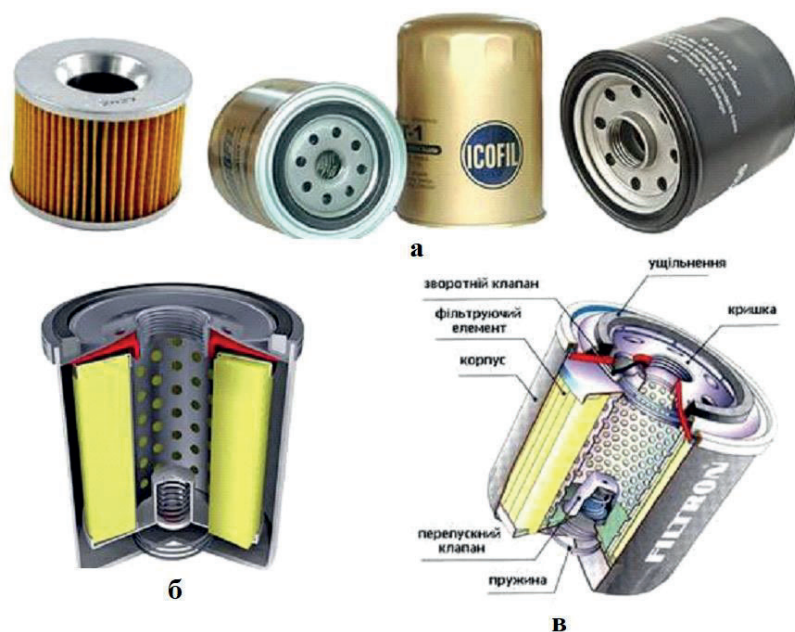


Рис. 2.11. Оливні фільтри автомобільних двигунів:

а – загальний вигляд змінних фільтрувальних елементів та фільтрів; б – розріз фільтра;
в – будова

Оливний радіатор призначається для охолодження оливи, що нагрівається внаслідок стикання з гарячими деталями. У двигунах легкових автомобілів достатнє охолодження оливи забезпечується обдуванням піддона картера повітрям і вентиляцією картера. У важких умовах роботи двигунів вантажних автомобілів треба вмикати оливний радіатор. Наприклад, трубчасто-пластинчастий оливний радіатор вмикають, коли температура атмосферного повітря перевищує $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також у разі роботи автомобіля у важких дорожніх умовах. Оливний радіатор установлюється перед радіатором системи охолодження й умикається відкриванням крана на корпусі оливного фільтра.

Вентиляція картера потрібна для підтримання в ньому нормального тиску й видалення парів бензину та газів, що прориваються крізь нещільності поршневого кілець і спричиняють корозію деталей, забруднення й розрідження оливи. Крім того, внаслідок потрапляння у картер відпрацьованих газів у ньому підвищується тиск, що призводить до руйнування ущільнень та появи підтікання оливи під час роботи двигуна.

У розглядуваних двигунах вентиляція картера здійснюється примусово відведенням газів через витяжний шланг і повітроочисник у циліндри двигуна, де відбувається їх згоряння. Для очищення картерних газів від оливи та смол у системі вентиляції є фільтр і оливовіддільник.

У двигунах автомобілів ВАЗ відсмоктування картерних газів у змішувальну камеру карбюратора регулюється за допомогою спеціального золотника 1 (рис. 2.12.), розташованого на осі дросельних заслінок карбюратора. Під час роботи двигуна з малою частотою обертання колінчастого вала на холостому ходу картерні гази відсмоктуються у невеликій кількості крізь калібрований отвір 2 золотникового пристрою. Коли відкривається дросельна заслінка, разом з її віссю повертається золотник і через канавку, що є в ньому, сполучає шланг 5 відведення картерних газів безпосередньо із

задросельним простором карбюратора, за рахунок чого підвищується інтенсивність вентиляції картера зі збільшенням навантаження на двигун.

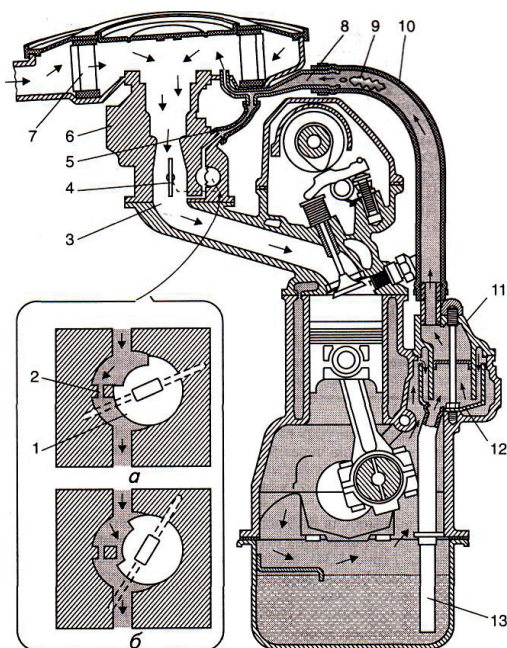


Рис. 2.12. Схеми вентиляції картера двигуна автомобіля ВАЗ-2105:

а - на малій частоті обертання холостого ходу; б - при відкриванні дросельної заслінки карбюратора; 1 - золотник; 2 - калібрований отвір; 3 - впускний трубопровід; 4 - дросельна заслінка; 5 - шланг відведення газів у дросельний простір; 6 - карбюратор; 7 - повітроочисник; 8 - всмоктувальний патрубок; 9 - полум'ягасник; 10 - шланг; 11 - кришка олиовіддільника; 12 - олиовіддільник; 13 - зливальна трубка олиовіддільника

Завдання до лабораторної роботи

1. Система мащення: вивчити загальну будову системи, прослідкувати шлях оливи в системі; звернути увагу на спосіб мащення деталей; ознайомитися з роботою агрегатів системи (фільтр, насос, радіатор, клапани), розглянути їх розміщення на двигуні; вивчити способи вентиляції картера двигунів легкових та вантажних автомобілів.

2. Система охолодження: вивчити загальну будову рідинної системи охолодження та схему циркуляції рідини в системі при різних теплових режимах двигуна; ознайомитися з будовою агрегатів системи (помпа, радіатор, пробка заливної горловини радіатора, термостат), розглянути їх розміщення на двигуні; вивчити конструктивні особливості повітряної системи охолодження (на прикладі дизеля Д-37).

Завдання до звіту

1. Виконати схему системи мащення двигуна (марку двигуна вказує викладач). Описати шлях оливи в системі.

2. Виконати схеми рідинної систем охолодження (марку двигуна вказує викладач). Описати шлях рідини в системі.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення системи мащення?
2. Які агрегати входять до складу системи мащення?
3. До яких поверхонь тертя олива подається під тиском?
4. Як працює фільтр відцентрового очищення оливи?
5. Яке призначення системи вентиляції катера двигуна? Які існують типи цих систем?
6. Як маркують оливи для автомобільних двигунів?
7. Яке призначення системи охолодження? Які існують типи цих систем?
8. Асортимент охолоджуючих рідин.
9. Призначення будова та робота термостата.

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов – Київ : Вища школа, 1991. – 304 с.
2. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
4. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Вивчення будови та роботи системи живлення бензинових двигунів

Мета: вивчити будову та роботу систем живлення на прикладі системи упорскування з пневмомеханічним керуванням і неперервною подачею палива та системи з електронним керуванням і періодичним впорскуванням палива.

Обладнання: деталі та агрегати систем, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Які переваги двигунів з упорскуванням легкого палива?
2. Як класифікуються системи живлення з упорскуванням легкого палива?
3. Загальна будова системи з пневмо-механічним керуванням подачею палива.
4. Загальна будова системи з електронним керуванням подачею палива.

Теоретичні відомості

У двигунах з упорскуванням легкого палива останнє подається спеціальним насосом і впорскується через форсунку в циліндр або у впускний трубопровід, як правило, безпосередньо біля впускного клапана.

Порівняно з карбюраторними двигунами, двигуни із упорскуванням бензину мають наступні переваги:

паливо рівномірніше розподіляється по циліндрах, що дає можливість підтримувати однаковий склад суміші у циліндрах, завдяки чому підвищується економічність двигуна;

відсутня втрата частини палива при продуві циліндрів, що покращує економічність і підвищує потужність двигуна;

зменшується опір впускної системи внаслідок відсутності карбюратора і покращується наповнення циліндрів, а відповідно зростає потужність двигуна;

у відпрацьованих газах міститься менша кількість шкідливих компонентів;

зникає потреба в організації підігріву впускного трубопроводу і пов'язане з цим ускладнення його конструкції;

створюються умови для оптимального керування роботою двигуна на всіх режимах з використанням мікропроцесорної техніки.

Поряд з цим системи впорскування легкого палива володіють недоліками:

складність будови;

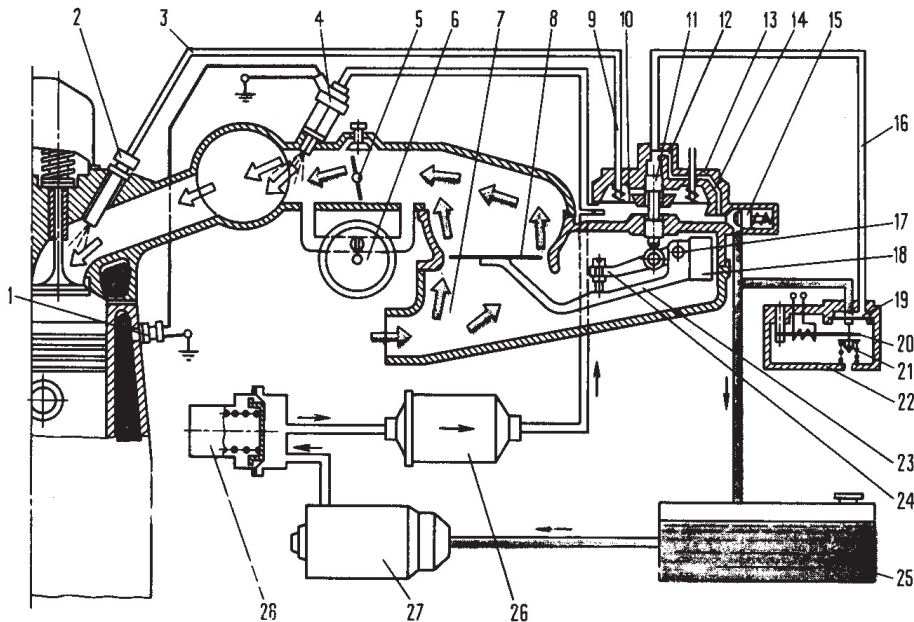
наявність прецизійних деталей і чутливої автоматики для регулювання складу суміші зумовлюють вищу вартість систем;

складність експлуатації.

У систему живлення двигунів з впорскуванням бензину входять: паливні баки, паливні насоси, паливні фільтри, редукційні клапани, форсунки, паливопроводи, вимірювачі витрати повітря, електронні блоки керування, датчики (температури, тиску (розрідження), частоти обертання вала двигуна), терморегулятори та інші пристрої, що забезпечують функціонування систем.

Система впорскування з пневмомеханічним регулюванням і неперервною подачею палива

Особливістю цієї системи є неперервна подача палива у впускний трубопровід під постійним тиском приблизно 0,45 МПа. Регулювання складу суміші базується на безпосередній залежності витрати палива від витрати повітря.



**Рис. 4.1. Система упрскування з пневмомеханічним регулюванням і
неперервною подачею палива:**

- 1 – датчик температурного стану двигуна; 2 – головна клапанна форсунка; 3 – паливопровід;
4 – пускова форсунка; 5 – дросельна засувка; 6 – перепускний клапан; 7 – витратомір
повітря; 8 – напірний диск; 9 – трубка; 10 – діафрагма; 11 – плунжер; 12, 14 – канали;
13 – регулятор подачі палива; 15 – запобіжний клапан; 16 – перепускний канал; 17 – вісь
важеля; 18 – тягарець; 19 – діафрагма терморегулятора; 20 – біметалева пластина;
21 – клапан терморегулятора; 22 – терморегулятор; 23 – важіль витратоміра;
24 – регульовальний важіль; 25 – паливний бак; 26 – паливний фільтр; 27 – паливний насос;
28 – акумулятор тиску палива

Головними елементами системи (рис. 4.1) є вимірювач витрати повітря 7, виконаний в одному корпусі з регулятором подачі палива 13, пускова 4 і головна 2 клапанні форсунки, що відкриваються при тиску 0,45 МПа, терморегулятор 22, акумулятор тиску палива 28, паливний насос 27. Система працює таким чином. Паливо з баку 25 подається насосом 27 через акумулятор тиску палива 28 і фільтр 26 по паливопроводу високого тиску в нижню порожнину регулятора подачі палива 13. З нижньої порожнини паливо поступає у верхню камеру над діафрагмою 10 через виточку у плунжері 11 і щілину, утворену кромкою плунжера (золотника) і отвором каналу, що веде у порожнину диференціального діафрагмового клапана (рис 4.2.). Кількість диференціальних клапанів залежить від кількості циліндрів двигуна. Прогин діафрагми 10 диференціального клапана залежить від перепаду тиску на її

поверхнях, який, своєю чергою, залежить від витрати палива через щілину, утвореною кромкою плунжера. Від положення діафрагми залежить зазор між діафрагмою і кромками трубки 9, якою паливо поступає до форсунки 2. При великих прогинах діафрагми площа кільцевої щілини між нею і кромками трубки 9 збільшується, і більша кількість палива поступає до форсунки.

Положення плунжера 11, регулятора подачі палива 13 визначається положенням важеля 23 вимірювача витрати повітря 7, і коректується гідравлічним терморегулятором 22, що змінює тиск палива над плунжером. Основне призначення терморегулятора - збагачення суміші при прогріві двигуна. При холодному двигуні біметалева пластина 20 регулятора тиску натискає на пружину клапана 21, діафрагма 19 прогинається, і паливо повертається у бак. Тиск над плунжером 11 зменшується, плунжер переміщується вгору, і подача палива форсунками зростає.

У міру прогрівання двигуна послаблюється дія біметалевої пластини, пружина не прогинає діафрагму 19, зменшується кількість палива, що перепускається з лінії високого тиску в бак, і тиск над плунжером зростає. Плунжер переміщується вниз, викликаючи зменшення подачі палива.

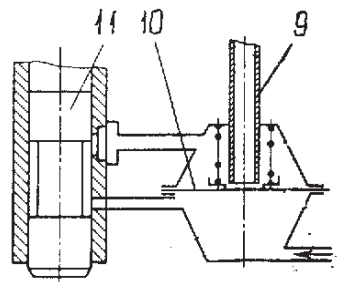


Рис. 4.2. Диференціальний діафрагмовий клапан:

9 – трубка; 10 – діафрагма; 11 – плунжер.

Кількість повітря, що поступає у двигун, регулюється дросельною засувкою 5 і визначається вимірювачем витрати повітря 7. У конічній горловині вимірювача витрати повітря розміщена пластина 8, закріплена на важелі 23. Маса пластини і важеля врівноважуються важелем 18. При роботі двигуна рух повітря в кільцевій щілині, утвореній пластиною і конічною поверхнею вимірювача, створюється перепад тисків, пропорційний витраті повітря. На пластину діє піднімальна сила, що намагається повернути важіль 23. Момент, створений цією силою, врівноважується моментом, що виникає від тиску палива над плунжером 11. Оскільки плунжер діє на важіль 23, то кожній витраті повітря відповідає певна витрата палива.

Для регулювання кількості палива, що подається у циліндри двигуна на малій частоті обертання (холостий хід), служить важіль 24 з регулювальним гвинтом.

У період запуску і прогрівання двигуна працює пускова електромагнітна форсунка 4, у яку паливо поступає з нижньої порожнини регулятора. Пускова форсунка включається одночасно зі стартером і відключається датчиком 1

температурного стану двигуна при нагріві рідини, у системі охолодження, до певної температури.

Електрична схема забезпечує також роботу перепускного клапана 6, що регулює витрату повітря. У міру прогріву двигуна відкривається перепускний клапан, що призводить до збіднення пальної суміші.

Системи з електронним регулюванням витрати повітря і періодичним упорскуванням палива

Дозування палива у системі здійснюють електромагнітні форсунки, які двічі за робочий цикл (два оберти колінчастого вала) одночасно впорскують паливо в зону впускних клапанів. Схема системи наведена на рис. 4.3. Паливо з баку 1 подається насосом 2 через фільтр 4 і редуційний клапан 16 до головних електромагнітних форсунок 7 і пускової форсунки 10. Редуційний клапан 16 перепускає надлишок палива в бак і підтримує в системі постійний перепад (196 кПа) між тиском палива в корпусах форсунок і впускним трубопроводом. Тому об'ємна подача палива залежить від тривалості відкриття клапана форсунки. Клапанами електромагнітних форсунок керують імпульси змінної тривалості, що формуються в електронному блоці 20. Синхронізація керуючих імпульсів із частотою обертання вала здійснюється імпульсами, що поступають в електронний блок від переривника – розподільника 21 системи запалювання.

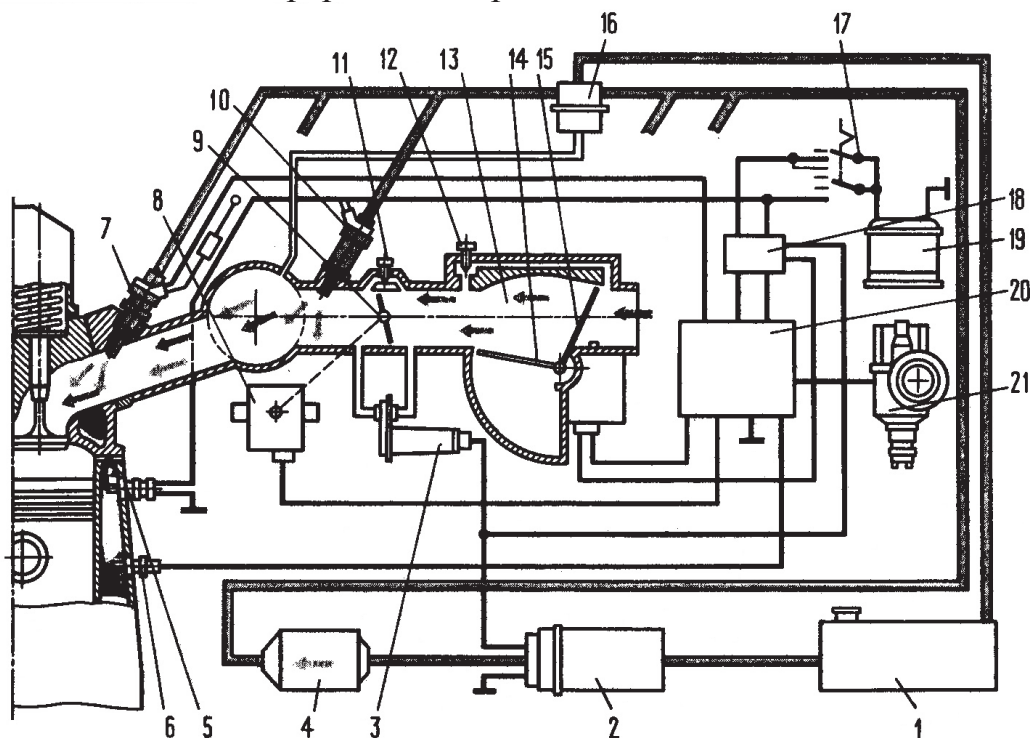


Рис. 4.3. Системи з електронним регулюванням витрат повітря і періодичним упорскуванням палива:

- 1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – перепускний пристрій; 4 – паливний фільтр;
- 5 – термореле; 6 – датчик температури охолоджуючої рідини; 7 – електромагнітна форсунка;
- 8 – датчик положення дросельної засувки; 9 – дросельна засувка; 10 – пускова форсунка;
- 11 – регульовальний гвинт; 12 – регульовальний гвинт складу суміші в режимі холостого ходу;
- 13 – вимірювач витрати повітря; 14 – демпферна пластина; 15 – пластина;
- 16 – редуційний клапан; 17 – вмикач запалювання; 18 – реле; 19 – акумуляторна батарея;
- 20 – електронний блок 21 – переривник – розподільник

Кількість повітря, що поступає в двигун, змінюється дросельною засувкою 9 і регулювальним гвинтом 11. Перед дросельною засувкою розміщений вимірювач витрати повітря 13, поворотна підпружинена пластина 15 якого повертається під дією потоку повітря на кут, пропорційний його витраті. Пластина 14 є демпфером, що обмежує коливання пластини 15. На осі вимірювача встановлено потенціометр, який включений у керуючі кола електронного блоку 20. Для збагачення суміші на малих режимах навантажень і при повному відкритті дросельної засувки служить датчик 8 положення дросельної засувки. Склад суміші на режимі холостого ходу регулюють гвинтом 12, змінюючи площу прохідного перерізу перепускного каналу.

Пускова електромагнітна форсунка 10 включається одночасно зі стартером, якщо температура охолоджуючої рідини нижча ніж 15 °С. Тривалість включення форсунки зростає по мірі пониження температури і регулюється термовимикачем 5. Склад суміші під час прогріву двигуна коректується залежно від температури охолоджуючої рідини, яка вимірюється датчиком 6. Для стійкої роботи двигуна в режимі холостого ходу в системі передбачено перепускний пристрій 3.

Агрегати системи живлення двигунів з упорскуванням легкого палива

Паливні насоси. Поширення у таких системах отримали коловоротні насоси роликового типу з електричним приводом. Для попередження попадання повітря у систему насос встановлюють під баком або занурюють безпосередньо в паливо.

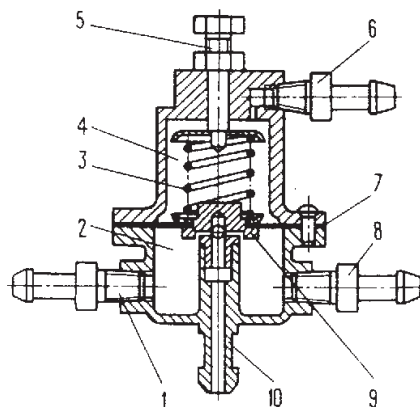


Рис. 4.4. Редукційний клапан:

- 1 – вхідний штуцер; 2 – паливна порожнина; 3 – пружина; 4 – повітряна порожнина;
 5 – регулювальний гвинт; 6 – штуцер для з'єднання з впускним трубопроводом;
 7 – діафрагма 8 – вихідний штуцер; 9 – клапан; 10 – штуцер

Редукційний клапан. Стабілізує тиск палива в системі, оскільки перепад тисків між впускним трубопроводом і порожниною форсунки визначає циклову подачу палива. Тиск в порожнині 2 клапана (рис. 4.4.) врівноважується діючим на діафрагму 7 тиском у порожнині 4 і зусиллям пружини 3. При підвищенні тиску в порожнині 2 діафрагма 7 з клапаном 9 піднімається і відкриває зливний канал у штуцері 10, і паливо повертається у бак. Порожнина 4 сполучена із

впускним трубопроводом, завдяки чому клапан підтримує постійний перепад тисків на клапанах форсунок і забезпечує стабільність подачі палива.

Форсунки постійного впорскування. Форсунки упорскування відкриваються автоматично під тиском і не здійснюють дозування палива. Кут конуса розпилювання палива становить приблизно 35° (у пускової форсунки - 80°). Найпоширеніші діапазони тисків відкриття форсунок (початку впорскування) такі: 0,27–0,38; 0,30–0,41; 0,32–0,37; 0,43–0,46; 0,45–0,52 МПа. Форсунки у впускний колектор угвинчують або запресовують.

Конструкція форсунки постійного впорскування показана на рис. 4.5. У корпус форсунки вставлений пластмасовий фільтр з дуже дрібною сіткою. Фільтр утримується в корпусі розрізним пружинним кільцем, яке своєю чергою упирається у чотири виступи в корпусі (корпус деформований в чотирьох точках, дві точки деформації показані на рис. 4.5).

Далі в корпус вставляється вузол клапана з власне клапаном, сідлом, пружиною і іншими деталями. Остаточна операція складання інжектора - завальцювання нижньої кромки корпусу. Отже форсунка – це нероз'ємний вузол і у разі відмови його можна тільки замінювати на новий. Клапан форсунки (діаметри: тарілки - 1,8 мм, стержня - 0,7 мм) відкривається тиском палива.

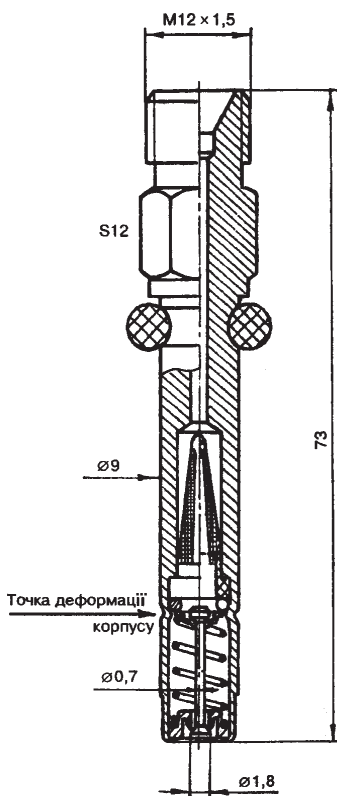


Рис. 4.5. Форсунка постійного впорскування

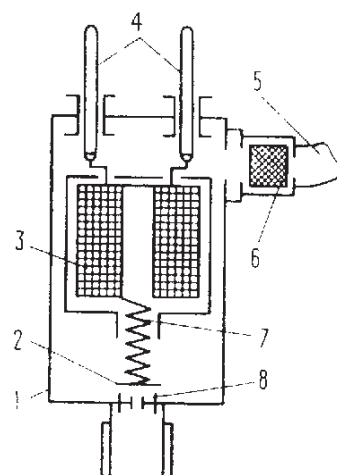


Рис. 4.6. Схема електромагнітної форсунки

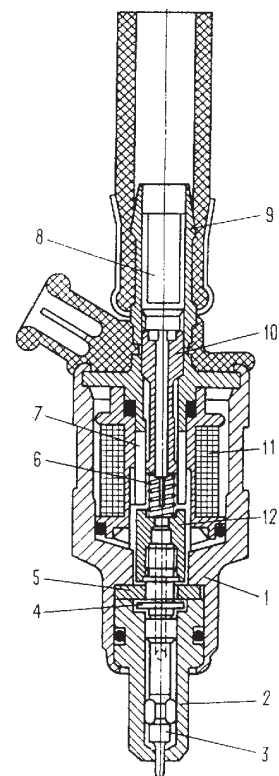


Рис. 4.7. Форсунка електромагнітна

Електромагнітні форсунки. Поширення у системах упорскування легкого палива отримали електромагнітні форсунки. Вони дозують паливо,

працюючи в імпульсному режимі. Тривалість відкритого стану клапану форсунки залежить від тривалості керуючого електричного імпульсу, що подається на обмотку електромагніту форсунки. Принципова схема форсунки наведена на рис. 4.6. У корпусі 1 розміщений клапан 2 з пружиною 7, що притискає його до сідла 8, і електромагніт 3. Кінці обмоток електромагніту виведені назовні через ізольовані контакти 4. Паливо в порожнину форсунки підводить по трубопроводу 5 через фільтр 6.

На рис. 4.7. наведений повздовжній переріз форсунки фірми Bosh. При включенні обмотки електромагніту в коло, якір 12 піднімає головку 3, відкриваючи паливу вихід з розпилювача 2. Хід голки дорівнює 0,15 мм і обмежений упором бурта 4 в шайбу 5. Дозуючий отвір – це кільцева щілина між розпилювачем 2 і штуцером голки 3. Для регулювання форсунки призначений регулювальний гвинт 10. Форсунка не розбірна і ремонту не підлягає.

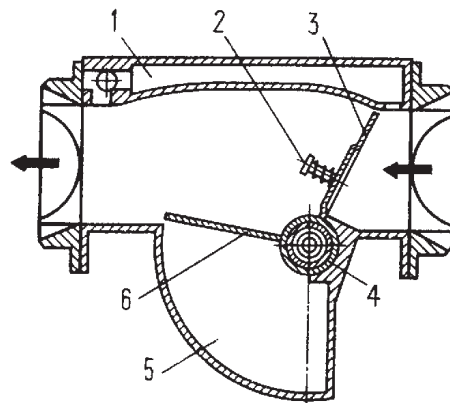


Рис. 4.8. Витратомір повітря:

1 – перепускний канал; 2 – запобіжний клапан; 3 – пластина; 4 – вісь;
5 – демпфер-заспокоювач; 6 – пластина демпфера

Вимірювач витрати повітря. На рис. 4.8. наведено схему датчика витрати повітря електромеханічного типу. На пластину 3, крім швидкісного напору повітря, діє зусилля пружини. З віссю 4 засувки з'єднаний привід потенціометра, з якого знімається сигнал, пропорційний до кута повороту засувки. Для гасіння коливань засувки внаслідок пульсації повітряного потоку передбачений демпфер – заспокоювач 5 з пластиною 6. Для оберігання вимірювача від поломок при зворотних спалахах в пластині 3 встановлено запобіжний клапан 2. Вимірювач має перепускний клапан 1, що використовується для регулювання витрат повітря на режимі холостого ходу.

Системи з безпосереднім впорскуванням бензину

Серійне виробництво бензинових двигунів з безпосереднім впорскуванням в циліндр двигуна розпочала у 1997 році фірма Mitsubishi (двигун 4G93 GDI). У 1998 році подібні двигуни на своїх автомобілях почала встановлювати Toyota. Сьогодні такі двигуни виготовляють і європейські фірми (Mercedes, Volkswagen, BMW).

Традиційні бензинові двигуни можуть працювати при ступені стиснення до 12 одиниць і коефіцієнті надміру повітря до 1,1 при іскровому запалюванні. Робота на бідніших сумішах й підвищення ефективності згорання робочої суміші можливі лише через її глибоке розшарування з високою якістю перемішування та досить точним дозуванням з допомогою електронного регулювання подачі повітря, пального й іскри у визначені проміжки часу.

Для реалізації потрібного розшарування суміші, камера згорання в таких двигунах має спеціальну форму й виконана в заглибленні днища поршня та має яскраво виражений профіль. Така форма сприяє закручуванню заряду у площині циліндра впоперек його осі. У двигунах Toyota такому закручуванню також сприяє спеціальна конструкція впускного трубопроводу зі змінною геометрією, що регулюється електронним вихровим клапаном.

Переміщення поршня вгору на такті стиснення шляхом спеціальної форми днища поршня формує направлений повітряний потік. У цей потік у кінці такту стиснення в напрямку фігурного днища поршня електромагнітна вихрова форсунка впорскує з високою дисперсністю й широким конусом під високим тиском (до 13 МПа) мінімальний об'єм бензину.

Унаслідок переміщення поршня, спрямованого руху повітряного потоку й пального, що випарувалося, відбувається розшарування пальної суміші й безпосередньо біля свічки запалювання опиняється відносно багата її частина. А далі – бідніша, аж до практично чистого повітря біля стінок циліндра. Таким самим способом по об'єму камери згорання розподіляється й температура згорання робочої суміші. Таке глибоке розшарування пальної суміші забезпечує стабільність займання і згорання при дуже бідній суміші (у середньому по об'єму камери згорання коефіцієнт надміру повітря рівний 1,7–3,3). Це забезпечує високу паливну економічність.

Система безпосереднього впорскування складається з таких вузлів (рис. 4.9): паливний насос високого тиску; регулятор тиску палива; паливна рампа; запобіжний клапан; датчик високого тиску; форсунки впорскування; блок керування двигуном.

Паливний насос високого тиску служить для подачі палива до паливної рампи і далі до форсунок впорскування під високим тиском (3 – 11 МПа), відповідно до потреб двигуна. Основу конструкції насоса складає один або декілька плунжерів. Насос приводиться в дію від розподільного вала впускних клапанів.

Регулятор тиску палива забезпечує дозовану подачу палива насосом, відповідно до впорскування форсунки. Регулятор розташований в паливному насосі високого тиску. Паливна рампа служить для розподілу палива по форсунках впорскування і запобігання пульсації палива в контурі. Запобіжний клапан захищає елементи системи впорскування від граничних тисків, що виникають при температурному розширенні палива. Клапан встановлюється на паливній рампі.

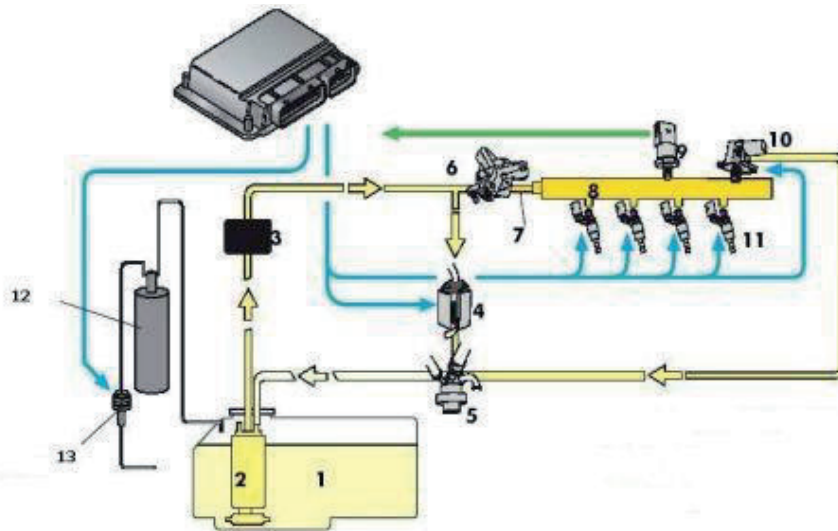


Рис.4.9. Схема системи безпосереднього впорскування (на прикладі системи Motronic MED7):

- 1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – паливний фільтр; 4 – перепускний клапан;
 5 – регулятор тиску палива; 6 – паливний насос високого тиску; 7 – трубопровід високого тиску; 8 – розподільний трубопровід (паливна рампа); 9 – датчик високого тиску;
 10 – запобіжний клапан; 11 – форсунки впорскування; 12 – адсорбер; 13 – електромагнітний замочний клапан продування адсорбера

Датчик високого тиску призначений для вимірювання тиску в паливній рампі. Відповідно до сигналів датчика, блок керування двигуном може змінювати тиск у паливній рампі. Форсунка впорскування забезпечує розпилювання палива в камері згорання для утворення паливно-повітряної суміші.

Узгоджену роботу системи забезпечує електронна система керування двигуном, яка є подальшим розвитком об'єднаної системи впорскування і запалювання Motronic. Традиційно система керування двигуном об'єднує вхідні датчики, блок керування і виконавчі механізми.

Окрім датчика високого тиску палива, в системі працюють датчик частоти обертання колінчастого вала, датчик положення розподільного вала, датчик положення педалі газу, витратомір повітря, датчик температури охолоджувальної рідини, датчик температури повітря на впуску. У сукупності датчики забезпечують необхідною інформацією блок керування двигуном, на підставі якої блок впливає на виконавчі механізми: електромагнітні клапани форсунок; електромагнітний запобіжний клапан; електромагнітний перепускний клапан.

Поршні двигунів, обладнаних системами безпосереднього впорскування, мають спеціальну конструкцію і характерні заглиблення в днищі (рис. 4.10). Заглиблення спеціальної форми дають можливість факелу палива, що упорскується, закручуватися в турбулентній масі повітря і подавати паливну суміш безпосередньо до осередку займання – свічки запалювання. При подібній схемі сумішеутворення не утворюється нерозпорошеного палива на днищі поршня, оскільки сильний потік повітря знімає і розпилює ті краплі палива, які утворилися на днищі поршня при початковій стадії впорскування.



Рис. 4.10. Форма днища поршнів двигунів з безпосереднім впорскуванням

Організація впускання повітря в циліндри двигуна. Кожен впускний канал головки блока циліндрів розділений повздовжньою пластиною (розділююча пластина) на верхню і нижню частини. Пластині надана така форма, яка виключає помилку при її установці в головку циліндрів.

При реалізації робочого процесу двигуна можливі два способи впускання повітря в циліндри.

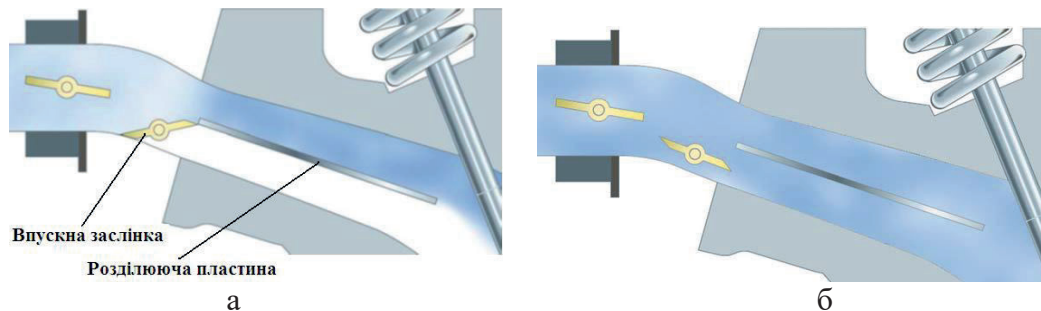


Рис. 4.11. Впускання повітря в циліндри

Перший спосіб (рис. 4.11, а): встановлені на вході у впускні канали впускні заслінки закриті, тому повітря поступає в циліндри двигуна тільки через верхні частини впускних каналів – над розділювальними пластинами. Цей спосіб впускання повітря використовується для організації пошарового сумішеутворення.

Другий спосіб (рис. 4.11, б): при відкритих впускних заслінках повітря поступає в циліндри як через верхні, так і через нижні частини впускних каналів. Цей спосіб впускання повітря використовується для утворення гомогенної суміші.

Паливний насос високого тиску. Одноплунжерний насос високого тиску регулюється за подачею. Він приводиться в дію безпосередньо від газорозподільного вала двигуна. Паливо до нього подається електронасосом під тиском до 0,6 МПа. Одноплунжерний насос підтримує в рампі тиск палива на заданому системою керування рівні.

При ході плунжера вниз порожнина над ним заповнюється паливом (рис. 4.12, а). При ході плунжера вгору паливо нагнітається в рампу під тиском, що діє в ній (рис. 4.12, б). Порожнина над плунжером може сполучатися також з впускним каналом через електромагнітний клапан регулювання подачі палива.

Якщо цей клапан відкривається до закінчення ходу нагнітання, тиск у надплунжерній порожнині падає і паливо повертається у впускний канал (рис. 4.12, в). Падінню тиску в паливній рампі перешкоджає нагнітальний клапан.

Регулювання подачі палива здійснюється зміною ходу плунжера від його нижнього положення до моменту відкриття клапана регулювання подачі. Досягши заданого рівня тиску в рампі цей, клапан залишається постійно відкритим, перешкоджаючи подальшому підвищенню тиску.

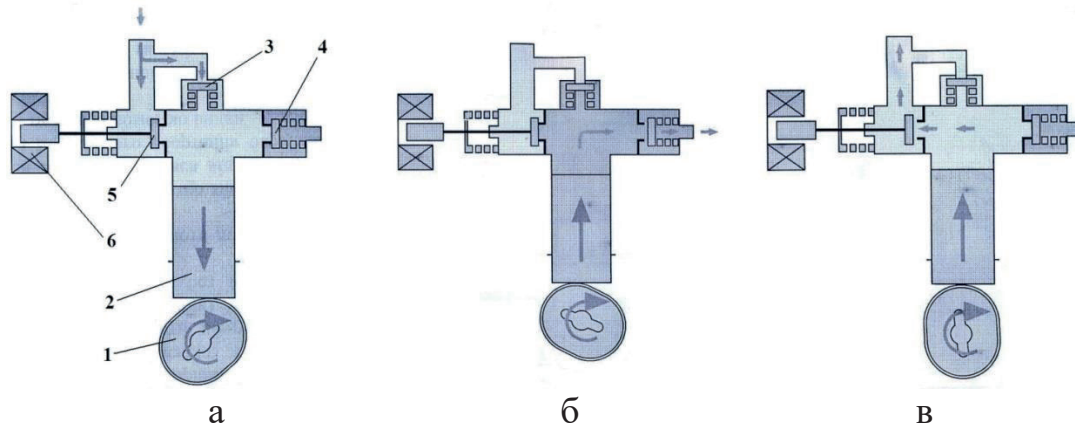


Рис. 4.12. Паливний насос високого тиску (схема роботи):

1 – кулачок; 2 – плунжер; 3 – впускний клапан; 4 – нагнітальний клапан; 5 – клапан регулювання подачі палива; 6 – електромагніт

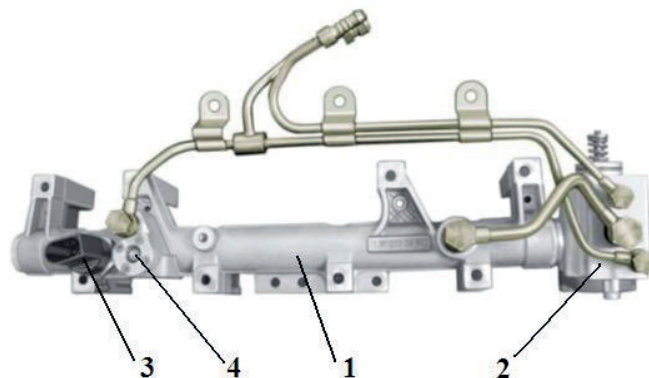


Рис. 4.13. Паливна рампа:

1 – рампа; 2 – насос високого тиску; 3 – датчик тиску палива; 4 – запобіжний клапан

Паливна рампа. Паливна рампа (рис. 4.13) служить для розподілу палива між форсунками та згладжування пульсацій тиску в ній. Вона виконує функції акумулятора високого тиску. На рампі встановлені форсунки, датчик тиску палива, запобіжний клапан і штуцери високого й низького тиску.

Форсунка високого тиску. Форсунка високого тиску є перехідним пристроєм між паливною рейкою і камерою згорання. Завдання цієї форсунки полягає в тому, щоб забезпечувати дозування палива і шляхом його розпилювання домагатися контрольованого змішування палива і повітря в певній зоні камери згорання. Залежно від режиму роботи двигуна, паливо концентрується в зоні навколо свічки запалювання (пошаровий розподіл заряду) або рівномірно розпилюється по усій камері згорання (гомогенний розподіл заряду).

Форсунки встановлюються в головці блока циліндрів і фіксуються на ній за допомогою спеціальних кріпильних елементів.

Щоб отримати найкращий розподіл палива при пошаровому сумішеутворенні, кут конуса факела палива прийнятий рівним 70° , а вісь конуса нахилена на 20° (рис. 4.14).

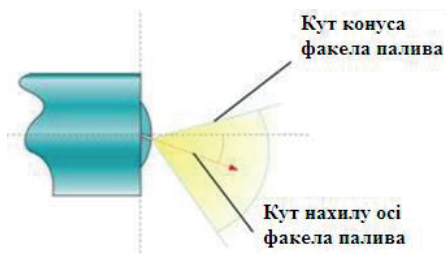


Рис. 4.14. Схема розпилювання палива форсункою

Форсунка високого тиску (рис. 4.15) складається з таких елементів: корпусу, сідла 6, голки розпилювача 7 з якорем електромагніту, пружини 8, обмотки електромагніту 3.

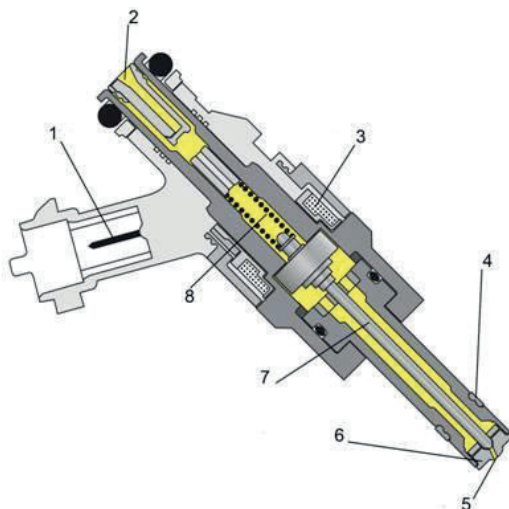


Рис. 4.15. Будова форсунки високого тиску:

1 – електричний роз'єм; 2 – впускний канал з сітчастим фільтром; 3 – обмотка електромагніту; 4 – тефлонове ущільнення; 5 – сопловий отвір; 6 – сідло; 7 – голка розпилювача з якорем електромагніту; 8 – пружина

Коли електричний струм проходить через обмотку електромагніту, створюється магнітне поле. Завдяки цьому голка, протидіючи тиску пружини, піднімається над сідлом і відкриває сопловий отвір 5 форсунки. Різниці тиску між паливною рейкою і камерою згорання дає можливість впорскувати паливо в камеру згорання.

При відключенні електричного струму голка розпилювача під дією зусилля пружини опускається на сідло клапана і перериває потік палива.

Форсунка швидко відкривається, забезпечуючи при відкритті постійну площу поперечного перерізу отвору, і знову закривається, долаючи тиск у паливній рейці. Кількість палива (при цій площі поперечного перерізу отвору), що впорскується, залежить від тиску в паливній рейці, протитиску в камері

згорання і тривалості відкриття форсунки. Відповідна геометрії розпилювача на кінці форсунки дає змогу досягти дуже добре розпилювання палива.

Завдання до лабораторної роботи

1. Користуючись інструкцією та наявною у лабораторії літературою, плакатами, агрегатами, вивчити будову та роботу систем живлення з упорскуванням легкого палива до впускного трубопроводу (з пневмомеханічним та електронним керуванням подачею палива) і їх агрегатів.

2. Користуючись інструкцією та наявною у лабораторії літературою й плакатами, вивчити будову та роботу систем живлення з безпосереднім упорскуванням бензину до циліндрів двигуна та їх агрегатів.

Завдання до звіту

Виконати принципові схеми систем:

- упорскування бензину до впускного трубопроводу з електронним керуванням;

- з безпосереднім упорскуванням бензину до циліндрів двигуна.

Коротко описати роботу вказаних систем.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть будову та роботу системи живлення з пневмо-механічним керуванням подачею палива.
2. Опишіть будову та роботу клапанної форсунки (інжектора).
3. Яке призначення акумулятора тиску палива?
4. Яке призначення терморегулятора?
5. Опишіть будову та роботу системи подачі палива з електронним керуванням подачею бензину до впускного трубопроводу.
6. Опишіть будову та роботу електромагнітної форсунки.
7. Опишіть будову та роботу системи з безпосереднім упорскуванням бензину до циліндрів двигуна.
8. Опишіть особливості будови агрегатів системи з безпосереднім упорскуванням бензину до циліндрів двигуна.

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов – Київ : Вища школа, 1991. – 304 с.
2. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
4. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.
5. Скварок Ю.Ю. Паливна апаратура двигунів. Курс лекцій. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2008. – 117 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Вивчення будови та роботи системи живлення дизельних двигунів

Мета: вивчити загальну будову системи живлення дизельних двигунів, будову та роботу агрегатів системи, їх конструктивні й експлуатаційні особливості.

Обладнання: двигун КамАЗ -740, агрегати системи, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Призначення та загальна будова системи живлення дизельного двигуна.
2. Паливо для дизелів. Особливості приготування пальної суміші в дизелях.

Теоретичні відомості

До системи живлення дизелів входять: паливний бак; фільтри грубої та тонкої очистки палива; паливопроводи; паливний насос високого тиску; всережимний регулятор частоти обертання; автоматична муфта випередження впорскування палива; форсунка; підкачувальні насоси.

Паливопідкачувальний насос 10 дизеля КамАЗ-740 (рис. 5.1.) засмоктує паливо з бака 1 крізь фільтри грубої 4 й тонкої 18 очистки. Паливопроводами низького тиску 2, 7, 11 і 13 паливо надходить до насоса високого тиску 12, який розміщено між рядами циліндрів. Відповідно до порядку роботи циліндрів дизеля насос 12 подає паливо паливопроводами 8 високого тиску до форсунок 6, розташованих у головках циліндрів. Форсунки розпилюють і впорскують паливо в камери згоряння. Паливопідкачувальний насос 10 подає до насоса 12 більше палива, ніж потрібно для роботи дизеля, тому надлишкове паливо, а з ним і повітря, що потрапило до системи, дренажними паливопроводами 17 і 20 відводяться з насоса 12 і фільтра тонкої очистки 18 назад у паливний бак. Паливо, що просочилося крізь зазор між корпусом розпилювача та голкою форсунки, зливається в бак паливопроводами 5, 15, і 21.

Паливний бак автомобіля КамАЗ має заливну горловину, яку обладнано висувною трубою із сітчастим фільтром. Горловина закривається герметичною кришкою. У нижній частині бака є кран для зливання відстою.

Фільтр грубої очистки (відстійник) автомобіля КамАЗ, який попередньо очищає паливо, встановлено з лівого боку автомобіля на рамі. Паливо з бака надходить у фільтр підвідним штуцером і стікає в стакан. Великі сторонні частинки й вода збираються у нижній частині стакана. З верхньої частини паливо крізь фільтрувальну сітку подається відвідним штуцером до паливопідкачувального насоса.

Фільтр тонкої очистки остаточно очищує паливо перед його надходженням у насос високого тиску. Його встановлено в найвищій точці системи живлення для збирання й відведення в бак крізь спеціальний клапан-жиклер повітря, що потрапило до системи разом із частиною палива.

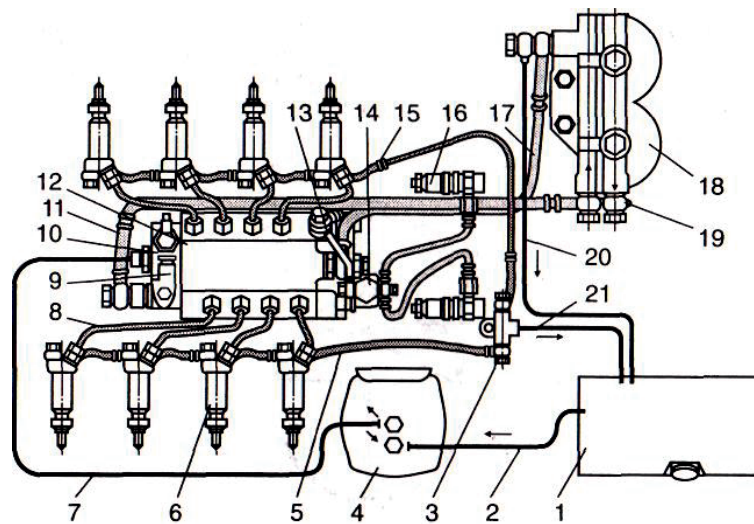


Рис. 5.1. Схема системи живлення дизеля КамАЗ-740:

1 - паливний бак; 2, 5, 7, 8, 11, 13, 15, 17, 19 - 21 - паливопроводи; 3 - трійник; 4, 18 - фільтри відповідно грубої й тонкої очистки палива; 6 - форсунка; 9 - ручний підкачувальний насос; 10 - паливопідкачувальний насос; 12 - паливний насос високого тиску; 14 - електромагнітний клапан; 16 - факельна свічка

Паливопроводи високого тиску (понад 20 МПа) між насосом високого тиску й форсунками виготовлено зі сталевих трубок, кінці яких мають конус і притиснуті накидними гайками через шайби до конусних гнізд штуцерів насоса й форсунок. Щоб уникнути поломкам паливопроводів унаслідок вібрацій, їх кріплять скобами й кронштейнами.

Паливний насос високого тиску призначений для подавання в циліндри двигуна (через форсунки) в певні моменти часу потрібних порцій палива. Цей насос - найскладніший вузол системи живлення дизеля.

Паливний насос дизеля КамАЗ-740 (рис. 5.2.) складається з восьми однакових секцій відповідно до кількості циліндрів двигуна. До секції входять корпус 1, втулка 9 плунжера, плунжер 6, поворотна втулка 4, нагнітальний клапан 11, який штуцером 12 притиснутий до втулки плунжера. Під дією кулачка вала й пружини 5 плунжер здійснює зворотно-поступальний рух.

Під час руху плунжера вниз (під дією пружини) в порожнині втулки виникає розрідження, й коли відкривається впускне вікно 2, порожнина заповнюється паливом (рис. 5.3, а). Під час руху плунжера вгору (під дією кулачка) в надплунжерному просторі різко підвищується тиск (впускне вікно перекрите), й паливо крізь нагнітальний клапан 4, що відкрився, подається у паливопровід високого тиску (рис. 5.3, б). При цьому мінімальний зазор між втулкою та плунжером дорівнює приблизно 1 мкм; тиск подачі палива досягає 20 МПа. Коли скісна кромка 5 плунжера відкриє відсічне вікно 1, тиск палива у втулці плунжера різко знизиться, нагнітальний клапан 4 під дією пружини швидко закриється, й подача палива припиниться. Оскільки в цей момент плунжер ще рухається вгору, то паливо, яке витискається ним, крізь осьову 3 й радіальну просвердлини в плунжері перетікає у відсічне вікно 1, минаючи виточку на плунжері (рис 5.3, в).

Кількість палива, що подається секцією паливного насоса високого тиску до форсунки, регулюється поворотом плунжера за допомогою зубчастої рейки 8 (див. рис. 5.2.), втулки 4 та повідка, що зв'язує їх. Обидві зубчасті рейки переміщуються вздовж корпусу насоса під дією педалі керування подачею палива або регулятора частоти обертання колінчастого вала.

Залежно від кута повороту плунжера змінюється відстань, яку він проходить від моменту перекриття впускного вікна 2 до моменту відкриття скісною кромкою 5 відсічного вікна 1 (див. рис. 5.3, в). У результаті змінюється тривалість впорскування, а отже, порція палива, що подається у циліндр.

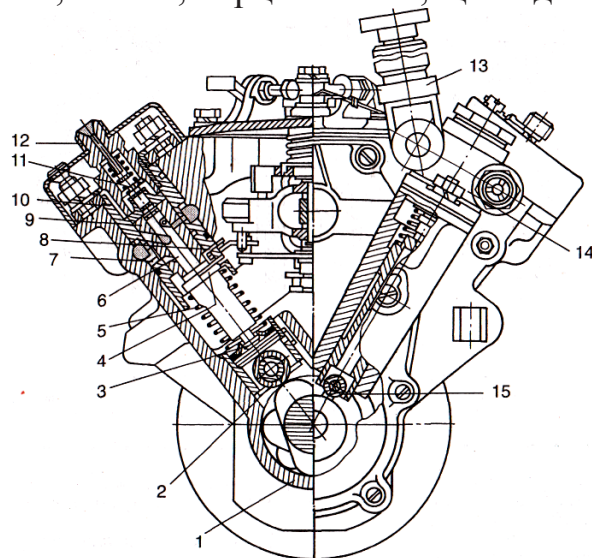


Рис. 5.2. Паливний насос високого тиску дизеля КамАЗ-740:

1 - корпус; 2 - ролик штовхана; 3 - тарілка пружини штовхана; 4 - поворотна втулка; 5 - пружина штовхача; 6 - плунжер; 7 - установочний штифт; 8 - рейка; 9 - втулка плунжера; 10 - корпус секції; 11 - нагнітальний клапан; 12 - штуцер; 13 - ручний підкачувальний насос; 14 - корпус паливопідкачувального насоса; 15 - ролик штовхача паливопідкачувального насоса

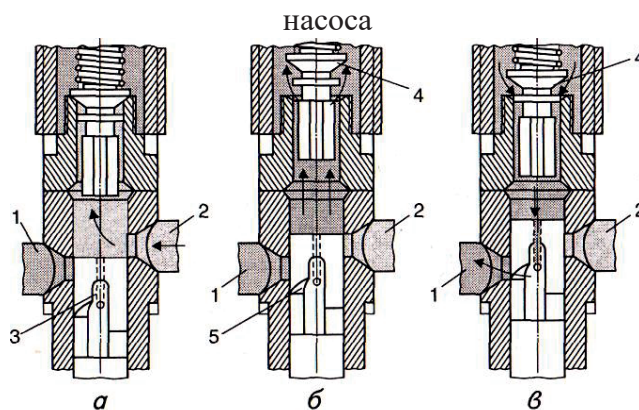


Рис. 5.3. Схема роботи секції паливного насоса високого тиску:

а – всмоктування палива; б - подавання палива; в – кінець подавання; 1, 2 - відповідно відсічне й впускне вікна; 3 - осьова просвердлина в плунжері; 4 - нагнітальний клапан; 5 - скісна кромка плунжера

Для зупинки двигуна треба перекрити подачу палива. Для цього плунжер установлюють рейкою в таке положення, щоб радіальна просвердлина в ньому виявилася повернутою до відсічного вікна. Коли плунжер переміщатиметься вгору, все паливо з надплунжерного простору просвердлиною 3 й виточкою на

плунжері перетікатиме до вікна 1, а потім - у паливний бак; у циліндр паливо не подається.

Всережимний регулятор частоти обертання автоматично підтримує задану частоту обертання колінчастого вала зміною (залежно від навантаження) кількості впорскуваного в циліндр палива. Регулятор дизеля КамАЗ розміщується у розвалі корпусу паливного насоса високого тиску й приводиться в дію від його кулачкового валика.

Автоматична муфта випередження впорскування палива призначена для зміни моменту початку впорскування палива залежно від частоти обертання колінчастого вала, що поліпшує пускові характеристики дизеля й підвищує його економічність. Ведена півмуфта 13 (рис. 5.4.) кріпиться на конічній поверхні переднього кінця кулачкового валика паливного насоса шпонкою та гайкою, а ведуча півмуфта 1 - на маточині веденої (може повертатися на ній). Між маточиною та півмуфтою 1 встановлено втулку 3. Ведуча півмуфта приводиться в дію розподільною проміжною шестірнею через вал із гнучкими сполучними муфтами. На ведену півмуфту обертання передається двома тягарцями 11, які коливаються в площині, перпендикулярній до осі обертання муфти, на осях 16, запресованих у ведену півмуфту. Проставка 12 ведучої півмуфти впирається одним кінцем у палець тягарця, а іншим - у профільний виступ. Пружини 8 намагаються втримати тягарці на упорі у втулку 3 ведучої півмуфти.

У разі збільшення частоти обертання колінчастого вала тягарці під дією відцентрових сил розходяться, у результаті чого ведена півмуфта повертається відносно ведучої в напрямі обертання кулачкового валика, що збільшує кут випередження впорскування палива. В разі зменшення частоти обертання колінчастого вала тягарці під дією пружини сходяться. Ведена півмуфта повертається разом із валиком паливного насоса в бік, протилежний до напрямку обертання валика, що зменшує кут випередження впорскування палива.

Форсунка (рис. 5.5.) призначається для впорскування й розпилювання палива. Паливопроводом високого тиску паливо надходить у штуцер 8 і, пройшовши крізь фільтр 9, просвердлинами в корпусах форсунки 6 і розпилювача 1 потрапляє в порожнину голки 14. Коли плунжер секції насоса створить достатній тиск, він, діючи на голку знизу вгору, долає зусилля пружини 13 і відштовхує голку, після чого починається впорскування палива крізь чотири отвори в розпилювачі. Після відсічення подачі палива в насос тиск його у форсунці знижується й голка знову опускається, припиняючи вихід палива з розпилювача. Паливо, що просочилося між голкою та корпусом розпилювача, відводиться з форсунки каналами в її корпусі. Форсунку встановлюють у головці циліндра й закріплюють скобою.

Підкачувальні насоси призначені для подавання палива до насоса високого тиску в потрібній кількості й підтримання перед ним достатнього тиску.

Паливопідкачувальний насос поршневого типу дизеля КамАЗ встановлюється на задній кришці регулятора частоти обертання й приводиться в дію від ексцентрика кулачкового валика насоса високого тиску.

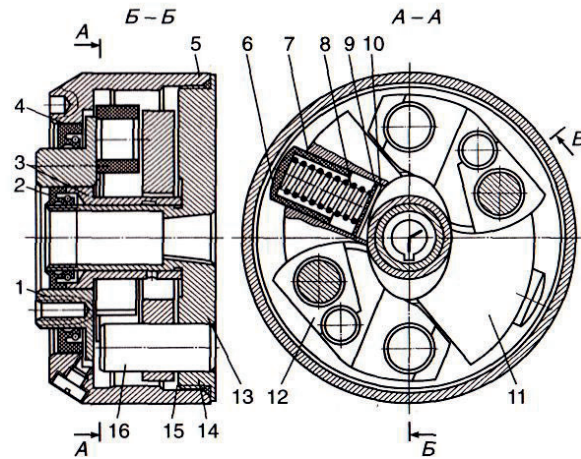


Рис. 5.4. Автоматична муфта випередження впорскування палива дизелів КамАЗ:

- 1 - ведуча півмуфта; 2, 4 - сальники; 3 - втулка ведучої півмуфти; 5 - корпус; 6 - регулювальні прокладки; 7 - стакан пружини; 8 - пружина; 9 - шайба; 10 - упорне кільце; 11 - тягарці із пальцем; 12 - проставка; 13 - ведена півмуфта; 14 - ущільнювальне кільце; 15 - шайба; 16 - вісь тягарця

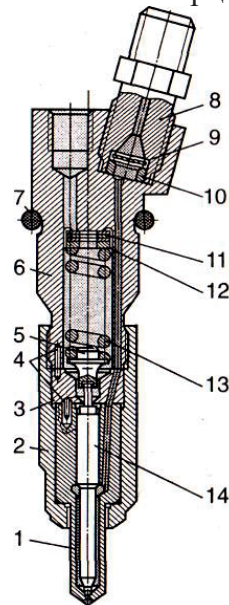


Рис. 5.5. Форсунка дизелів КамАЗ:

- 1 - корпус розпилювача; 2 - гайка розпилювача; 3 - проставка; 4 - установочні штифти; 5 - штанга; 6 - корпус форсунки; 7 - ущільнювальне кільце; 8 - штуцер; 9 - фільтр; 10 - ущільнювальна втулка; 11, 12 - регулювальні шайби; 13 - пружина; 14 - голка розпилювача.

Для заповнення системи паливом і видалення з неї повітря на автомобілі КамАЗ є два ручних підкачувальних насоси: один закріплено до фланця паливопідкачувального насоса, а другий встановлено на кронштейні на корпусі зчеплення з правого боку автомобіля.

Повітряний фільтр автомобілів КамАЗ встановлено за кабіною й обладнано змінним паперовим фільтрувальним елементом. Повітря надходить у фільтр вхідним патрубком. Для контролю за роботою повітряного фільтра на лівому впускному трубопроводі встановлено індикатор запиленості, який у разі збільшення розрідження у впускних трубопроводах сигналізує опусканням

червоного сигнального прапорця про необхідність промивання або заміни фільтрувального елемента.

Розподільні паливні насоси високого тиску

Паливні насоси високого тиску розподільного типу ще називають аксіально-поршневими або одноплунжерними. Принцип роботи розподільного ПНВТ аксіально-поршневого типу з розподілом палива регулювальною втулкою показано на рис. 5.6, а з радіальним рухом поршнів та електромагнітним клапаном регулювання подачею палива – на рис. 5.7. Загальна схема гідравлічного пристрою регулювання випередженням подачі палива зображена на рис. 5.8.

Загальний вигляд розподільного ПНВТ з механічним регулятором показаний на рис. 5.9, основні деталі насосної секції – на рис. 5.10. Привідний вал, на якому розміщений роторно-лопатевий паливопідкачуючий насос 13 і шестерня привода автоматичного регулятора, приводить плунжер 5 в обертання через муфту 1, кулачкову шайбу 3, підп'ятник 4.

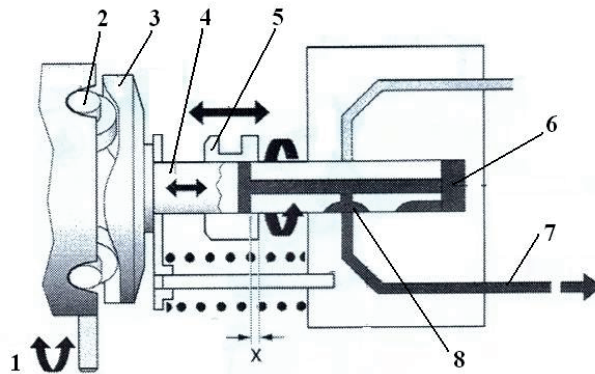


Рис. 5.6. Принцип роботи розподільного аксіально-поршневого ПНВТ:

1 – поворот роликів кільця; 2 – ролик; 3 – кулачкова шайба; 4 – плунжер-розподільник; 5 – регулювальна втулка; 6 – область високого тиску; 7 – магістраль високого тиску; 8 – розподільна камера; X – хід плунжера

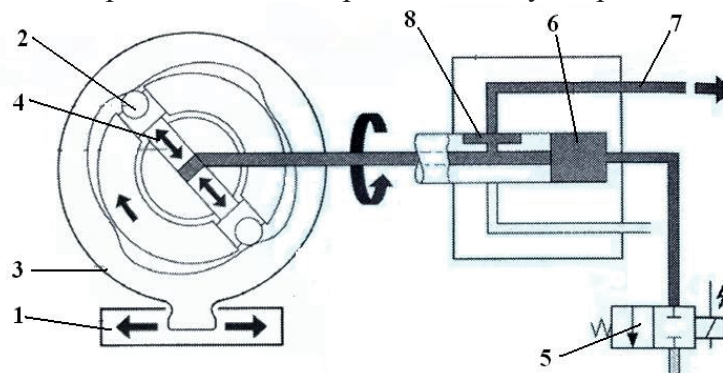


Рис. 5.7. Принцип роботи розподільного ПНВТ з радіальним рухом плунжерів:

1 – регулювальний механізм моменту впорскування палива; 2 – ролик; 3 – кулачкова шайба; 4 – радіальний плунжер; 5 – електромагнітний клапан регулювання початку і тривалості впорскування; 6 – камера високого тиску; 7 – подача палива до форсунки; 8 – розподільний паз

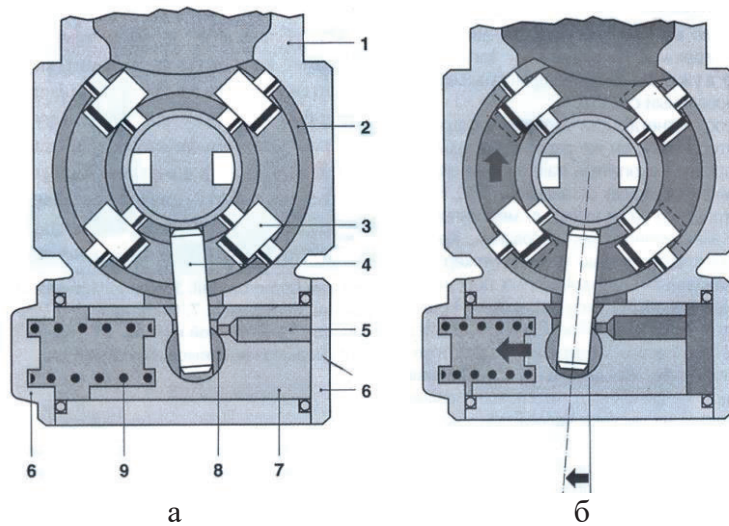


Рис. 5.8. Гідралічний пристрій регулювання випередженням впорскування палива розподільним ПНВТ (а – положення при пуску; б – положення при 3000 об/хв):

1 – корпус ПНВТ; 2 – шайба; 3 – ролик; 4 – палець; 5 – канал; 6 – кришка; 7 – поршень; 8 – опора; 9 – пружина

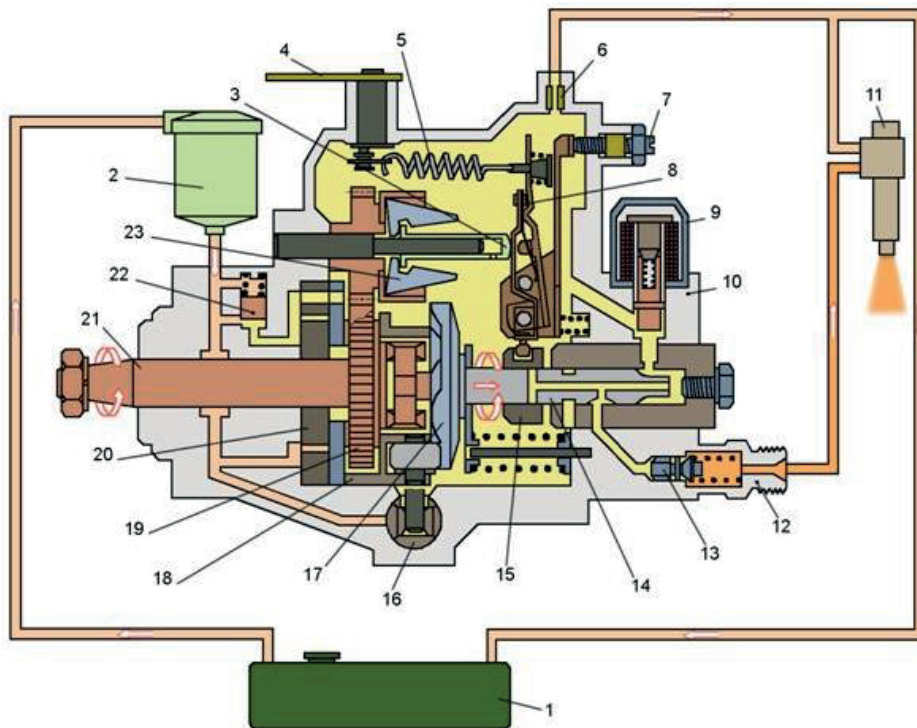


Рис. 5.9. ПНВТ розподільного типу з горизонтальним розміщенням секції:

1 – паливний бак; 2 – паливний фільтр; 3 – муфта регулятора; 4 – важіль управління подачею палива; 5 – пружина регулятора; 6 – зливний дросель; 7 – коректор димності; 8 – всережимний регулятор частоти обертання колінчастого вала; 9 – електромагнітний клапан зупинки двигуна; 10 – розподільна головка; 11 – форсунка; 12 – штуцер; 13 – нагнітальний клапан; 14 – плунжер; 15 – дозуюча муфта; 16 – автомат випередження впорскування палива; 17 – кулачковий диск; 18 – роликіве кільце; 19 – шестерня привода регулятора; 20 – паливний насос низького тиску; 21 – вал привода; 22 – редукційний клапан; 23 – вантажі регулятора

Кулачкова шайба 3 при обертанні котиться по роликах обойми 2, що допускає свій розворот навколо своєї осі за повідець автоматом регулювання кута випередження подавання палива (гідроциліндром, переміщуваним тиском підкачування палива, що залежить від частоти й циклової подачі). При зміні тиску підкачування від 0,27 до 0,8 МПа хід гідропоршня досягає 9,4 мм, що забезпечує зміну кута випередження подавання палива до 12° за валом ПНВТ.

У початкове положення плунжер повертається пружинами 8 через планку 6. Регулювання циклової подачі здійснюється переміщенням муфти 7. У традиційній версії ПНВТ вона керується механічним автоматичним регулятором. Через розподільник паливо подається до нагнітального клапана 9. Електромагнітний клапан 12 дозволяє або припиняє роботу дизеля шляхом перекриття каналу наповнення плунжерної порожнини.

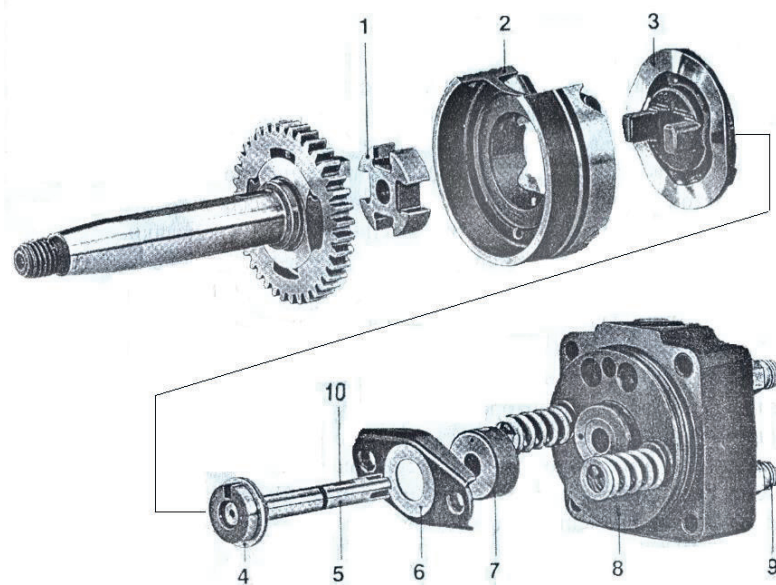


Рис. 5.10. Деталі насосної секції ПНВТ VE

1 – муфта; 2 – обойма; 3 – кулачкова шайба; 4 – підп’ятник; 5 – плунжер;
6 – планка; 7 – муфта (дозатор); 8 – пружина; 9 – нагнітальний клапан

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити загальну будову системи, розглянути розміщення агрегатів системи на двигуні й автомобілі. Прослідкувати шлях палива, повітря, пальної суміші та відпрацьованих газів у системі. Вивчити роботу та будову агрегатів системи (паливний бак, паливні фільтри, підкачувальна помпа, насос високого тиску, форсунки, повітряний фільтр). Особливу увагу звернути на будову багатоплунжерного паливного насоса високого тиску (привід насоса, будова та робота насосної секції, призначення та принцип дії всережимного регулятора).

2. Вивчити конструктивні особливості роторного паливного насоса високого тиску розподільного типу.

3. Вивчити будову та роботу відцентрової муфти випередження подачі палива.

Завдання до звіту

1. Виконати загальну схему системи живлення дизельного двигуна.
2. Виконати схему насосної секції багатоплунжерного паливного насоса високого тиску та описати її роботу.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть загальну будову системи живлення дизеля.
2. Опишіть будову та роботу паливопідкачувальної помпи.
3. Опишіть будову та роботу насосної секції багатоплунжерного паливного насоса.
4. Опишіть будову та роботу форсунки. Як регулюється тиск впорскування палива?
5. Опишіть будову та роботу паливного насоса розподільного типу.
6. Яке призначення муфти випередження подачі палива?
7. Як здійснюється регулювання випередження подачі палива у насосах розподільного типу?

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов – Київ : Вища школа, 1991. – 304 с.
2. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
4. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.
5. Скварок Ю.Ю. Паливна апаратура двигунів. Курс лекцій. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2008. – 117 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Вивчення будови та роботи акумуляторної системи живлення дизельних двигунів Common Rail

Мета: вивчити будову та роботу акумуляторної системи подачі палива, будову та роботу основних агрегатів системи.

Обладнання: агрегати та схема акумуляторної системи подачі палива.

1. Питання для самопідготовки

1. Недоліки традиційних систем подачі палива дизелів.
2. Особливості будови та роботи системи Common Rail.
3. Загальна будова та робота системи Common Rail.

2. Теоретичні відомості

Система впорскування Common Rail є сучасною системою впорскування палива дизельних двигунів. Система впорскування розроблена фахівцями фірми Bosch. Робота системи Common Rail заснована на подачі палива до форсунок від загального акумулятора високого тиску – паливної рампи (Common Rail в перекладі – загальна рампа).

Застосування цієї системи дає змогу досягти зниження витрати палива, токсичності відпрацьованих газів, рівня шуму дизеля. Система впорскування Common Rail конструктивно становить контур високого тиску паливної системи дизельного двигуна.

Загальна будова системи наведена на рис. 5.1.

На підставі сигналів, що надходять від датчиків, блок керування двигуном визначає необхідну кількість палива, що подається. У паливний насос високого тиску необхідна кількість палива подається через керування клапаном дозування палива. Насос накачує паливо в паливну рампу. Там воно перебуває під певним тиском, що забезпечується регулятором тиску палива.

У потрібний момент блок керування двигуном дає команду відповідній форсунці на початок впорскування і забезпечує певну тривалість відкриття клапана форсунки. При необхідності блок керування двигуном коригує параметри роботи системи уприскування.

У системі Common Rail реалізується багаторазове впорскування палива протягом одного циклу роботи двигуна. При цьому розрізняють впорскування:

- попереднє;
- основне;
- додаткове.

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

- два попередніх впорскування – на холостому ходу;

- одне попереднє впорскування – при підвищенні навантаження;
- попереднє впорскування не здійснюється – при повному навантаженні.

Додаткове впорскування проводиться для підвищення температури відпрацьованих газів і згорання частинок сажі у сажовому фільтрі, чим досягається регенерації фільтра.

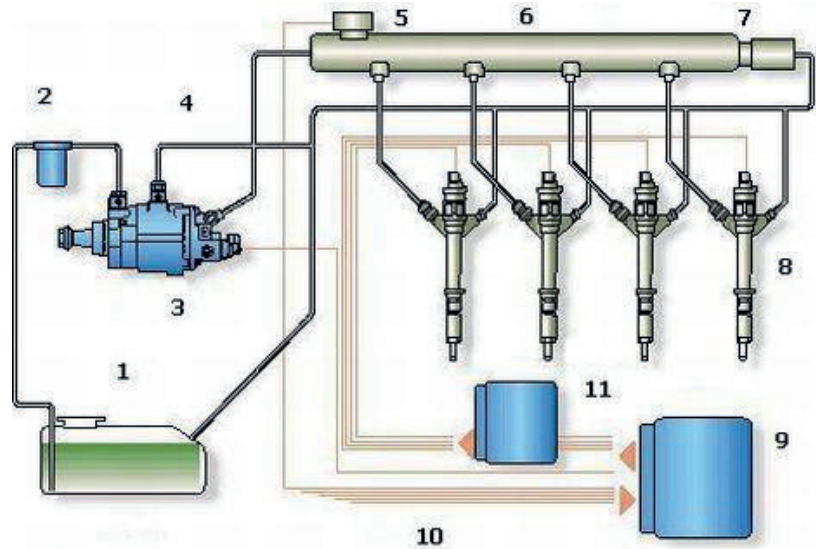


Рис. 5.1. Загальна будова системи Common Rail:

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

Розвиток системи впорскування Common Rail здійснюється шляхом збільшення тиску впорскування:

- перше покоління – 140 МПа, з 1999 року;
- друге покоління – 160 МПа, з 2001 року;
- третє покоління – 180 МПа, з 2005 року;
- четверте покоління – 220 МПа, з 2009 року.

Магістральний паливний насос високого тиску

Магістральний паливний насос високого тиску використовується в акумуляторній системі впорскування палива Common Rail, де він виконує функцію нагнітання палива в паливну рампу. Магістральні ПНВТ забезпечують більш вищий тиск палива (в сучасних системах впорскування приблизно 180 МПа і більше).

Конструктивно магістральний насос може мати один, два або три плунжера. Привід плунжерів здійснюється за допомогою кулачкового вала або кулачкової шайби.

При обертанні кулачкового вала (ексцентрика кулачковою шайби) під дією поворотної пружини плунжер рухається вниз. Збільшується обсяг

компресійної камери і зменшується тиск в ній. Під дією розрідження відкривається впускний клапан, і паливо поступає в камеру.

Рух плунжера вгору супроводжується зростанням тиску в камері, впускний клапан закривається. При певному тиску відкривається випускний клапан і паливо подається у рампу.

Керування подачею палива здійснюється, залежно від потреби двигуна з допомогою клапана дозування палива. У нормальному положенні клапан відкритий. За сигналом електронного блока керування клапан закривається на певну величину, у результаті регулюється кількість палива, що надходить у компресійну камеру.

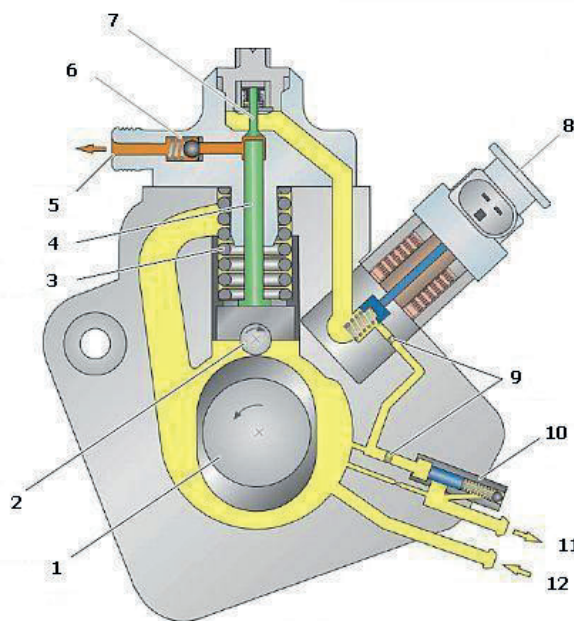


Рис. 5.2. Магістральний ПНВТ:

- 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 паливо проводу; 12 – штуцер впускного паливопровода

Насос високого тиску приводиться в дію від колінчастого вала двигуна за допомогою зубчатої, ланцюгової або пасової передачі. Насос змащується і охолоджується самим паливом. На вході в насос встановлений запобіжний клапан, що не допускає падіння тиску в системі.

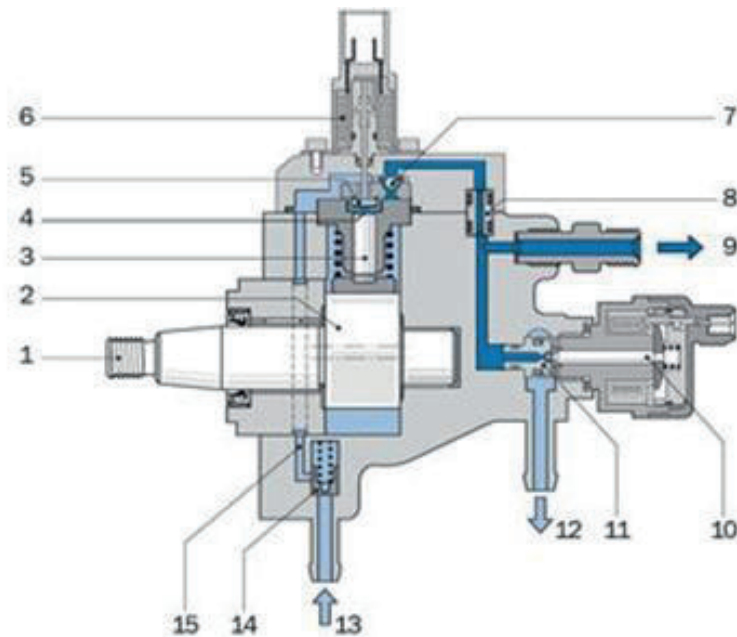
На рис. 5.3. зображено триплунжерний ПНВТ. Три плунжера приводяться в дію ексцентриком, установленим на валі насоса.

Акумулятор тиску палива

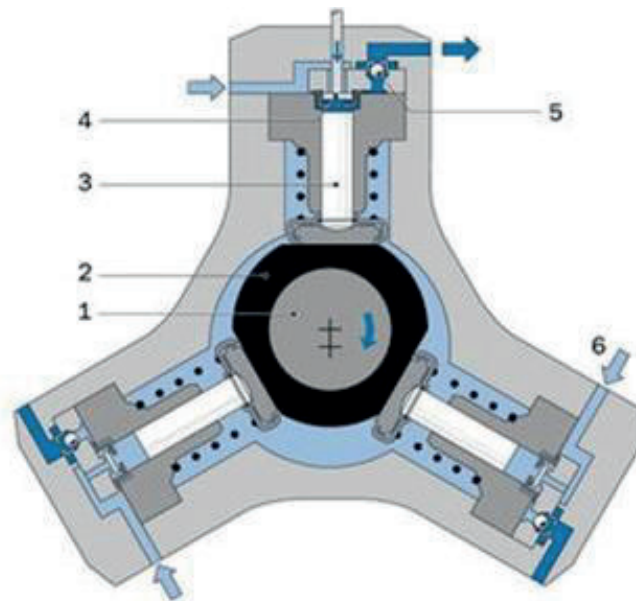
Акумуляторний вузол є загальним для всіх циліндрів двигуна. Застосування акумуляторного вузла відповідного об'єму знижує пульсації тиску палива. Для того, щоб максимально понизити пульсації тиску, об'єм

рампи повинен бути якомога більшим, хоча, з іншого боку, це може призвести до затримки при заповненні цього вузла паливом, а отже, до затримки пуску двигуна. У зв'язку з цим конструкторам доводиться йти на певний компроміс.

Виготовляється вузол з високоміцної сталі.



а



б

Рис. 5.3. Паливний насос високого тиску з трьома плунжерами:

- а – повздовжній розріз: 1 - вал привода; 2 - ексцентриковий кулачок; 3 - плунжер з втулкою; 4 - камера над плунжером; 5 - впускний клапан; 6 - електромагнітний клапан відключення плунжерної секції; 7 - випускний клапан; 8 - ущільнення; 9 - штуцер магістралі, що веде до акумулятора високого тиску; 10 - клапан регулювання тиску; 11 - кульковий клапан; 12 - магістраль зворотного зливу палива; 13 - магістраль подачі палива до ТНВД; 14 - захисний клапан з дросельним отвором; 15 - перепускний канал низького тиску
- б) поперечний розріз: 1 - вал привода; 2 - ексцентриковий кулачок; 3 - плунжер з втулкою; 4 - впускний клапан; 5 - випускний клапан; 6 - подача палива



Рис. 5.4. Акумулятор тиску палива



Рис. 5.5. Регулятор тиску палива

Регулятор тиску палива

Регулятор тиску палива керується електронним блоком керування і підтримує постійний тиск в акумуляторному вузлі. Застосовуються два варіанти установки клапана: на насосі високого тиску або безпосередньо на акумуляторі тиску палива.

Сідло клапана закрито кулькою, на яку, з одного боку, діє тиск палива, а з іншого, – сумарна сила від пружини осердя клапана й електромагніту. Електромагніт керується змінним струмом від блоку керування. При збільшенні тиску палива понад задану величину клапан відкривається і паливо скидається в зливну магістраль, зменшуючи тиск в акумуляторному вузлі.

На основі сигналу від датчика тиску електронний блок керування визначає тиск в акумуляторному вузлі.

Електрогідравлічна форсунка

Електрогідравлічна форсунка використовується на дизельних двигунах, зокрема обладнаних системою упорскування Common Rail. Конструкція електрогідравлічної форсунки об'єднує електромагнітний клапан, камеру керування, впускний і зливний дроселі.

Принцип роботи електрогідравлічної форсунки заснований на використанні тиску палива як при впорскуванні, так і при його припиненні. У початковому положенні електромагнітний клапан знеструмлений і закритий, голка форсунки притиснута до сідла силою тиску палива на поршень в камері керування. Упорскування палива не відбувається. При цьому тиск палива на голку, зважаючи на різницю площ контакту, менший тиску на поршень.

За командою електронного блоку керування спрацьовує електромагнітний клапан, відкривається зливний дросель. Паливо з камери керування витікає

через дросель у зливну магістраль. При цьому впускний дросель перешкоджає швидкому вирівнюванню тиску в камері керування і впускної магістралі. Тиск на поршень знижується, а тиск палива на голку не змінюється, під дією якого голка піднімається і відбувається упорскування палива.

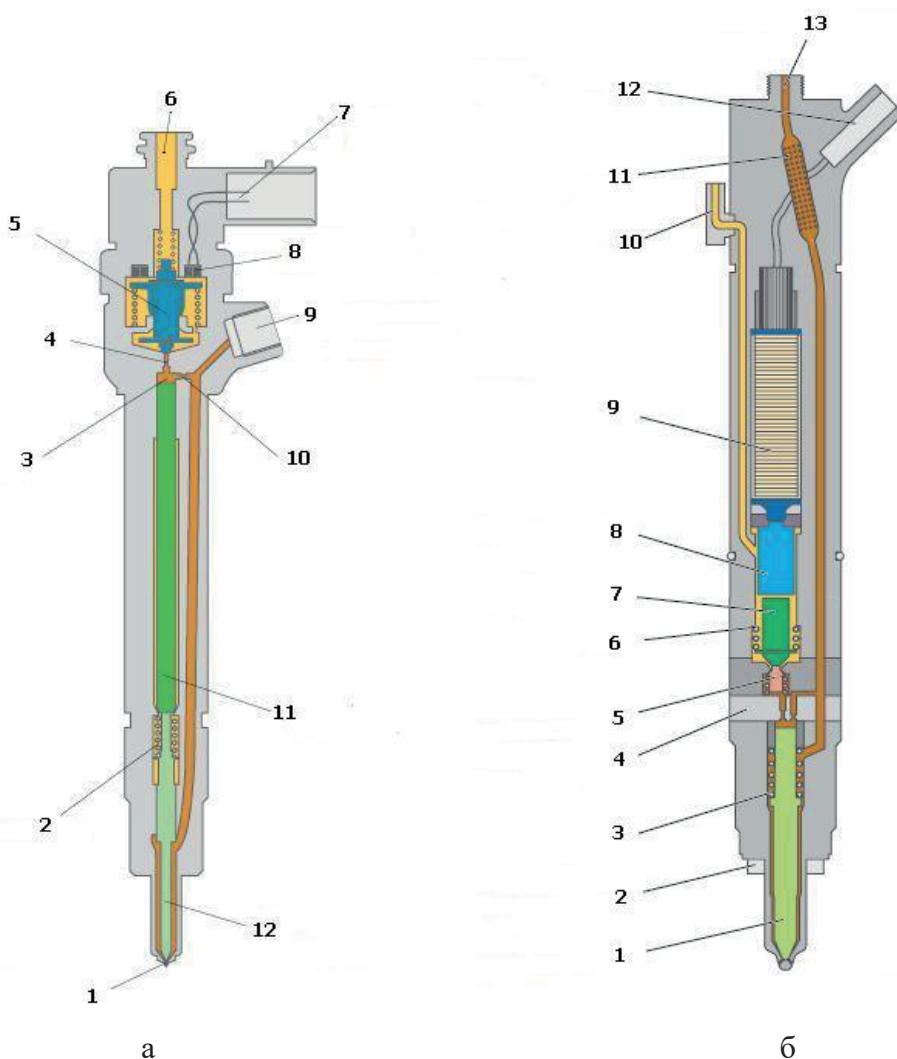


Рис. 5.6. Форсунки:

а – електрогідравлічна; 1 – сопло форсунки; 2 – пружина; 3 – камера керування; 4 – зливний дросель; 5 – якор електромагніту; 6 – зливний канал; 7 – електричний роз’єм; 8 – обмотка збудження; 9 – штуцер підведення палива; 10 – впускний дросель; 11 – поршень; 12 – голка форсунки;

б – п’єзоелектрична; 1 – голка форсунки; 2 – ущільнення; 3 – пружина голки; 4 – блок дроселів; 5 – перемикаючий клапан; 6 – пружина клапана; 7 – поршень клапана; 8 – поршень штовхача; 9 – п’єзоелемент; 10 – зливний канал; 11 – сітчастий фільтр; 12 – електричний роз’єм; 13 – нагнітальний канал

П’єзоелектрична форсунка

Найбільш довершеним пристроєм, що забезпечує впорскування палива, є п’єзоелектрична форсунка (п’єзофорсунка). Форсунка встановлюється на дизельних двигунах, обладнаних системою впорскування Common Rail.

Переваги п’єзофорсунки:

- швидкість спрацьовування (у 4 рази швидша за електромагнітний клапан), і, як наслідок, можливість багатократного впорскування палива впродовж одного циклу;
- точне дозування упорскуваного палива.

Це стало можливим завдяки використанню п'єзоефекту в керуванні форсункою, заснованого на зміні довжини п'єзокристала під дією напруги. Конструкція п'єзоелектричної форсунки включає п'єзоелемент, штовхач, що перемикає клапан і голку, поміщені в корпусі.

У роботі п'єзофорсунки, також як і електрогідравлічної форсунки, використовується гідравлічний принцип. У початковому положенні голка посаджена на сідло через високий тиск палива. При подачі електричного сигналу на п'єзоелемент, збільшується його довжина, яка передає зусилля на поршень штовхача. Відкривається перемикаючий клапан, паливо поступає в зливну магістраль. Тиск вище голки падає. Голка завдяки тиску в нижній частині піднімається і проводиться впорскування палива.

Кількість впорскуваного палива визначається:

- тривалістю дії на п'єзоелемент;
- тиском палива в паливній рампі.

3. Завдання на лабораторну роботу

3.1. Вивчити загальну будову та роботу акумуляторної системи подачі палива. Прослідкувати за схемою шлях палива у системі.

3.2. Вивчити будову та роботу магістрального паливного насоса високого тиску. З'ясувати, яким чином здійснюється дозування палива у насосі.

3.3. Вивчити будову та роботу електрогідравлічної форсунки. З'ясувати, яким чином здійснюється дозування палива.

3.4. Вивчити будову та роботу п'єзоелектричної форсунки

4. Завдання для звіту

4.1. Зобразити загальну схему акумуляторної системи подачі палива, коротко описати її роботу.

4.2. Зобразити схему магістрального ПНВТ.

4.3. Зобразити схему електрогідравлічної форсунки.

5. Запитання для самоконтролю

5.1. Опишіть загальну будову системи живлення Common Rail.

5.2. Які переваги системи Common Rail, порівняно з іншими системами подачі палива дизелів?

5.3. Опишіть будову та роботу магістрального паливного насоса високого тиску.

5.4. Опишіть будову акумулятора палива. Які регулятори та датчики встановлені на ньому?

5.5. Опишіть будову й роботу електрогідравлічної форсунки.

5.6. Опишіть будову й роботу п'єзоелектричної форсунки.

5.7. Які переваги п'єзоелектричної форсунки?

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов – Київ : Вища школа, 1991. – 304 с.
2. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
4. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.
5. Скварок Ю.Ю. Паливна апаратура двигунів. Курс лекцій. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2008. – 117 с.

Список використаних джерел

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов – Київ : Вища школа, 1991. – 304 с.
2. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
4. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.
5. Скварок Ю.Ю. Паливна апаратура двигунів. Курс лекцій. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2008. – 117 с.
6. Скварок Ю.Ю., Попович В.Д. Практичні заняття з навчальної дисципліни «Автомобілі». – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2022. – 90 с.