

Лекція 4. Системи двигуна

1. Загальне призначення систем двигуна

Системи двигуна внутрішнього згоряння призначені для забезпечення його стабільної, ефективної та надійної роботи в усьому діапазоні режимів експлуатації. Вони створюють умови для реалізації робочого циклу, підтримують оптимальний тепловий і мастильний режими, забезпечують пуск двигуна, займання паливоповітряної суміші, підготовку та подачу палива, а також відведення відпрацьованих газів.

До основних систем двигуна належать:

- система охолодження;
- система мащення;
- система живлення;
- система запалювання;
- система пуску;
- система випуску відпрацьованих газів.

Кожна з цих систем має чітко визначене функціональне призначення та працює у тісній взаємодії з іншими системами і механізмами двигуна.

2. Система охолодження двигуна

2.1. Призначення та класифікація систем охолодження

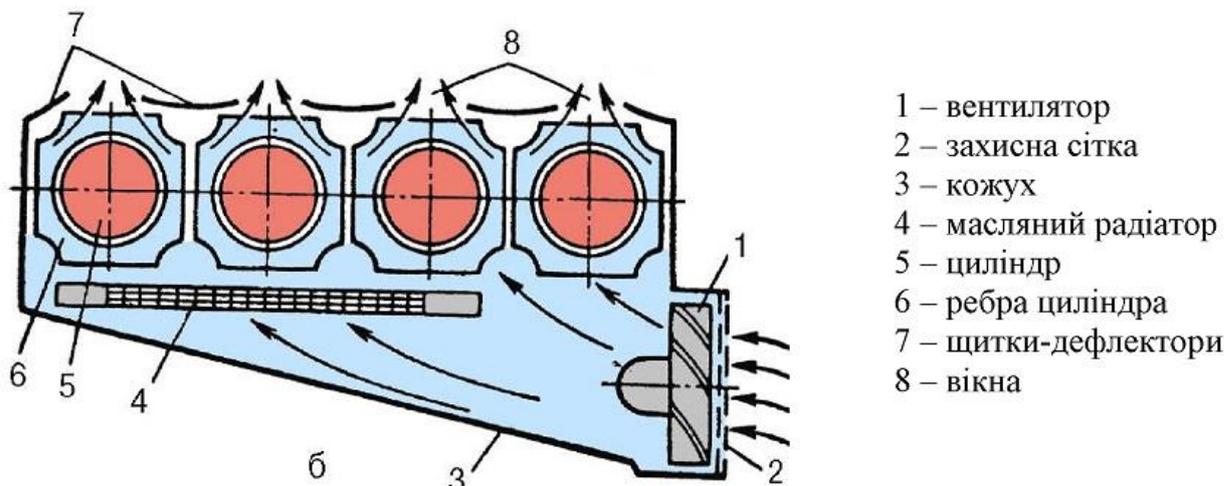
Система охолодження призначена для відведення надлишкового тепла від деталей двигуна, які нагріваються внаслідок згоряння палива, та підтримання оптимального температурного режиму роботи двигуна. Надмірне нагрівання призводить до зниження міцності матеріалів, детонації, підвищеного зношування і виходу двигуна з ладу.

За принципом дії системи охолодження поділяють на:

- повітряні;
- рідинні.

2.2. Повітряна система охолодження

СХЕМА СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ



У повітряній системі охолодження тепло від деталей двигуна відводиться безпосередньо до навколишнього повітря. Для інтенсифікації теплообміну на поверхнях циліндрів і головки блока виконують ребрення.

Перевагами повітряної системи охолодження є простота конструкції, мала маса та відсутність охолоджувальної рідини. Недоліками є нерівномірність охолодження, складність регулювання теплового режиму та підвищений рівень шуму. Повітряна система охолодження застосовується переважно у мотоциклетних та малолітражних двигунах.

2.3. Рідинна система охолодження

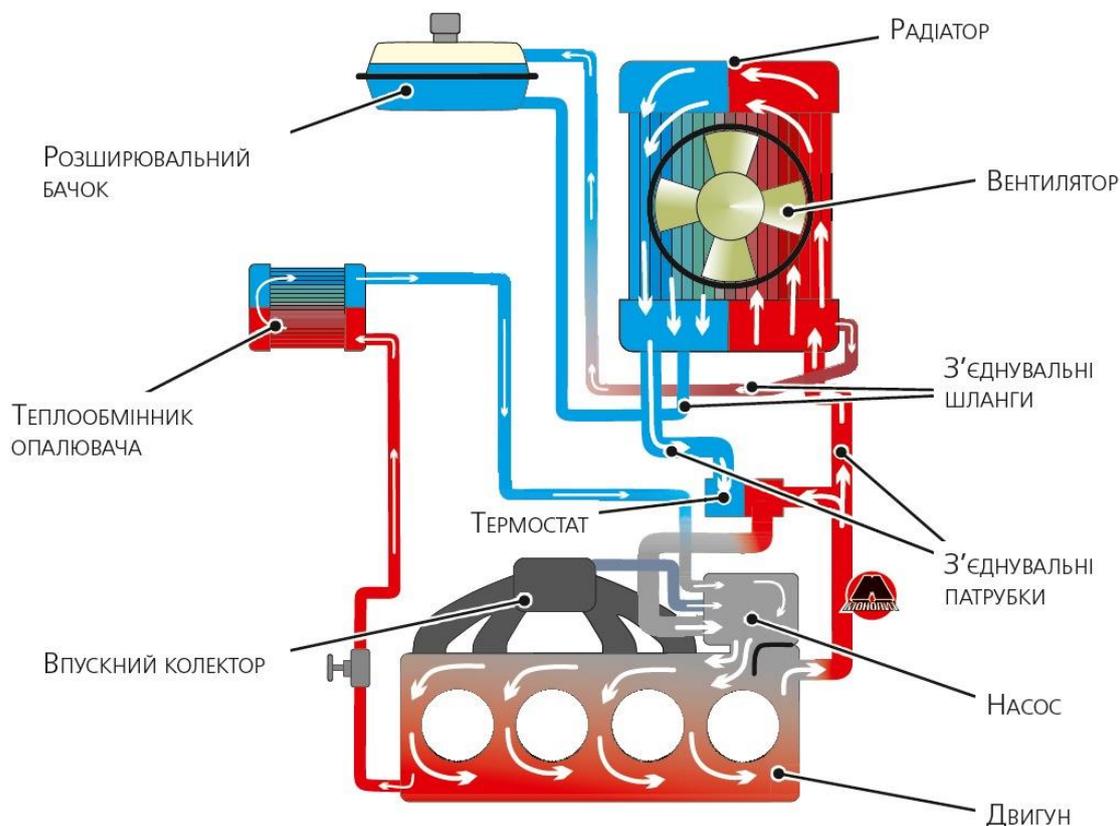
Рідинна система охолодження є найбільш поширеною у сучасних автомобільних двигунах. Вона забезпечує рівномірний відвід тепла та можливість точного регулювання температурного режиму.

2.3.1. Призначення рідинної системи охолодження

Рідинна система охолодження призначена для відведення надлишкового тепла від найбільш теплонапружених деталей двигуна внутрішнього згорання та підтримання його роботи в оптимальному температурному діапазоні. Для більшості сучасних автомобільних двигунів оптимальна температура охолоджувальної рідини становить приблизно 85–105 °С. Підтримання цього діапазону забезпечує мінімальні втрати на тертя, стабільні умови згорання палива, зниження зношування деталей і підвищення довговічності двигуна.

На відміну від повітряної, рідинна система охолодження забезпечує рівномірний розподіл температур по всьому об'єму блока та головки циліндрів, що особливо важливо для багатоциліндрових та форсованих двигунів.

2.3.2. Загальна схема та принцип роботи рідинної системи охолодження



Рідинна система охолодження є замкненою циркуляційною системою, у якій тепло від деталей двигуна відводиться охолоджувальною рідиною (антифризом), а потім розсіюється у навколишнє середовище через радіатор.

Під час роботи двигуна охолоджувальна рідина безперервно циркулює між сорочкою охолодження, насосом, термостатом і радіатором. Напрямок і інтенсивність циркуляції залежать від температури рідини та положення термостата. Таким чином забезпечується автоматичне регулювання теплового режиму двигуна.

2.3.2.1. Сорочка охолодження блока та головки циліндрів

Сорочка охолодження являє собою систему внутрішніх каналів у блоці циліндрів і головці блока, які оточують циліндри, камери згоряння, клапанні сідла та інші теплонапружені елементи.

Основне призначення сорочки охолодження — інтенсивне відведення тепла безпосередньо від поверхонь, що контактують із гарячими газами. Конфігурація каналів розраховується таким чином, щоб забезпечити підвищену швидкість потоку рідини у зонах максимального тепловиділення, зокрема навколо випускних клапанів і камер згоряння.

2.3.2.2. Охолоджувальна рідина: властивості та функції

В якості охолоджувальної рідини використовуються водно-гліколеві суміші (антифризи), які мають знижену температуру замерзання та підвищену температуру кипіння порівняно з водою.

Окрім теплообміну, охолоджувальна рідина виконує такі функції:

- захист внутрішніх поверхонь системи від корозії;
- змащування ущільнень і підшипників насоса;
- запобігання утворенню накипу та відкладень.

2.3.2.3. Насос охолоджувальної рідини (водяний насос)

Насос забезпечує примусову циркуляцію охолоджувальної рідини в системі. У більшості двигунів застосовується відцентровий насос, який приводиться в дію від колінчастого вала за допомогою ремінного або зубчастого приводу.

Робоче колесо насоса, обертаючись, створює розрідження на вході і надлишковий тиск на виході, завдяки чому рідина рухається через сорочку охолодження і трубопроводи. Безперервна циркуляція забезпечує інтенсивний відвід тепла від деталей двигуна.

2.3.2.4. Радіатор системи охолодження

Радіатор призначений для передачі тепла від охолоджувальної рідини до навколишнього повітря. Він складається з верхнього і нижнього бачків та серцевини з тонкостінних трубок і пластин.

Під час проходження рідини через серцевину радіатора тепло відводиться за рахунок теплопровідності та конвекції. Потік повітря створюється як рухом автомобіля, так і роботою вентилятора системи охолодження.

2.3.2.5. Вентилятор системи охолодження

Вентилятор забезпечує примусове обдування радіатора при малих швидкостях руху або на холостому ході. У сучасних автомобілях застосовуються електричні вентилятори, роботою яких керує електронний блок управління за сигналами температурних датчиків.

2.3.2.6. Розширювальний бачок і компенсація зміни об'єму рідини

При нагріванні охолоджувальна рідина розширюється, а при охолодженні — стискається. Для компенсації цих змін у системі передбачений розширювальний бачок.

Кришка бачка оснащена запобіжним клапаном, який підтримує підвищений тиск у системі. Підвищення тиску дозволяє збільшити температуру кипіння рідини і запобігти утворенню парових пробок.

2.3.2.7. Термостат: будова та принцип роботи

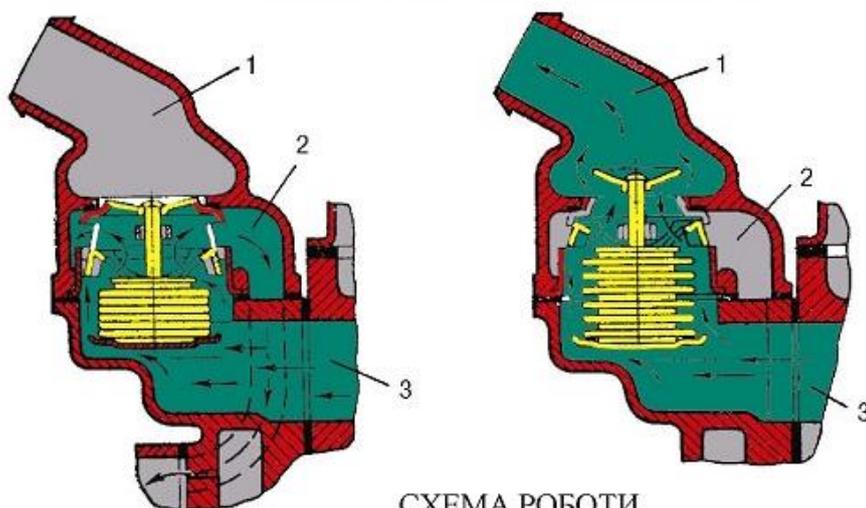
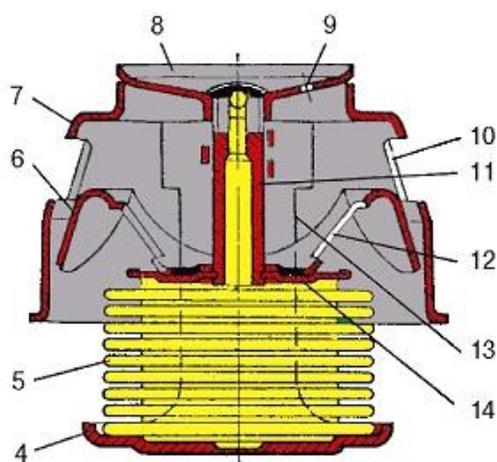


СХЕМА РОБОТИ



БУДОВА

- 1 – патрубок для відведення рідини в радіатор
- 2 – відвідна трубка
- 3 – сорочка охолодження двигуна
- 4, 14 – скоби
- 5 – гофрований циліндр
- 6 – допоміжний клапан
- 7 – корпус
- 8 – основний клапан
- 9 – отвір для виходу повітря
- 10 – вікно в корпусі
- 11 – шток
- 12 – вікно в допоміжному клапані
- 13 – нижня частина корпусу

Термостат є ключовим елементом системи охолодження, який автоматично регулює напрямок циркуляції охолоджувальної рідини залежно від її температури.

У більшості сучасних двигунів застосовується термостат із твердим наповнювачем (восковий термоелемент). Він складається з корпусу, чутливого елемента, штока та клапанів.

При низькій температурі рідини термостат закритий, і рідина циркулює по малому колу, оминаючи радіатор. Це забезпечує швидкий прогрів двигуна. При досягненні заданої температури віск у термоелементі плавиться, збільшується в об'ємі і переміщує шток, відкриваючи клапан великого кола. Частина або вся рідина починає проходити через радіатор, де відбувається її охолодження.

Таким чином термостат забезпечує автоматичне підтримання оптимальної температури двигуна незалежно від режиму його роботи та зовнішніх умов.

2.3.3. Взаємодія елементів рідинної системи охолодження

Усі елементи рідинної системи охолодження працюють як єдиний функціональний комплекс. Насос забезпечує циркуляцію рідини, сорочка охолодження відводить тепло від деталей, термостат регулює напрямок потоку, радіатор розсіює тепло, а вентилятор підтримує ефективність охолодження за несприятливих умов.

Порушення роботи будь-якого з елементів призводить до відхилення теплового режиму двигуна, що негативно впливає на його ресурс і надійність.

Рідинна система охолодження є однією з найважливіших систем двигуна внутрішнього згоряння. Її конструкція, принципи роботи та узгоджена взаємодія елементів забезпечують стабільний тепловий режим двигуна, швидкий вихід на робочу температуру та надійну роботу в усьому діапазоні експлуатаційних режимів.

3. Система мащення двигуна

3.1. Призначення системи мащення

Система мащення двигуна внутрішнього згоряння призначена для забезпечення надійного змащування всіх пар тертя, зменшення механічних втрат на тертя, зниження інтенсивності зношування деталей, відведення теплоти від найбільш теплонапружених елементів, видалення продуктів зношування та нагару, а також захисту поверхонь деталей від корозії.

Масило в сучасному двигуні виконує не лише змащувальну, а й охолоджувальну, миючу, ущільнювальну та антикорозійну функції. Надійна робота системи мащення є однією з ключових умов довговічності двигуна.

3.2. Класифікація систем мащення

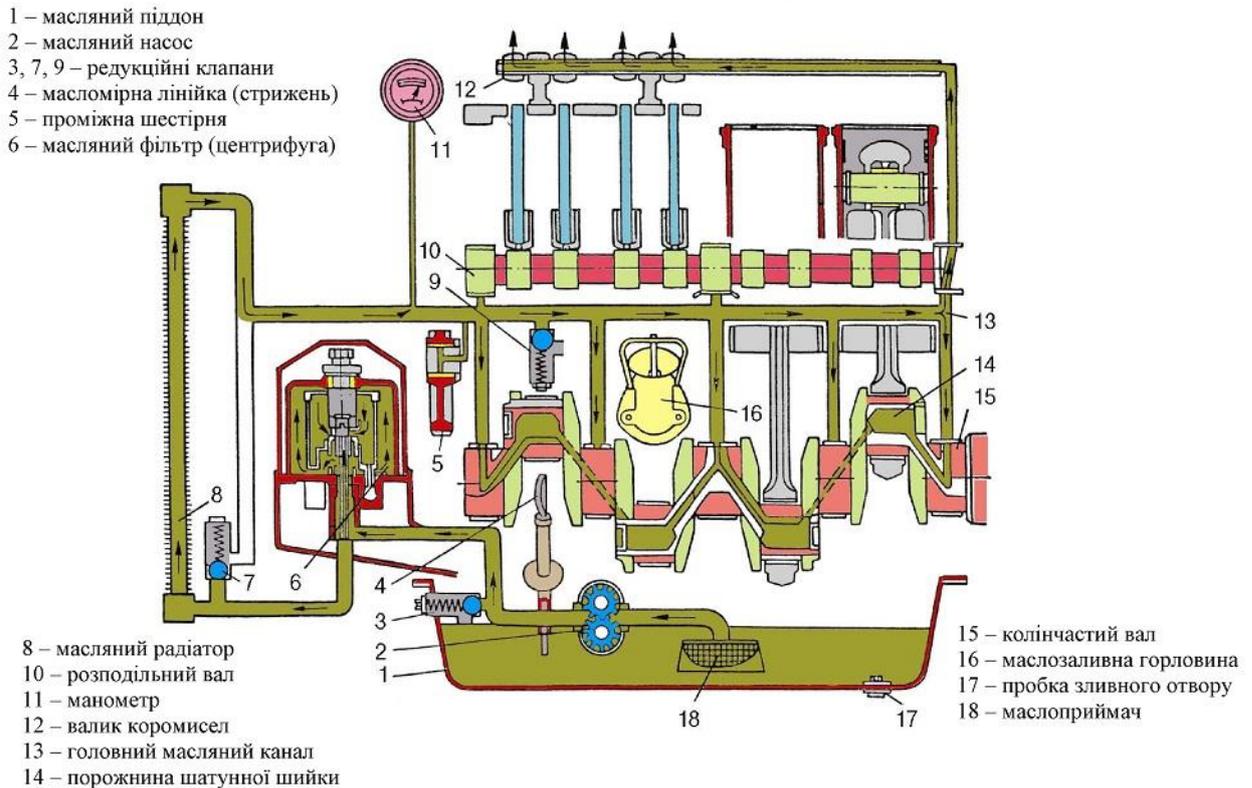
За способом подавання мастила до деталей двигуна системи мащення поділяють на:

- **системи розбризкуванням** (застосовувались у малопотужних або застарілих двигунах);
- **системи під тиском**;
- **комбіновані системи мащення** (найпоширеніші у сучасних двигунах).

У комбінованій системі найбільш навантажені деталі змащуються під тиском, а інші — розбризкуванням або масляним туманом.

3.3. Загальна схема та принцип роботи системи мащення

СХЕМА СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДИЗЕЛЯ



У типовій комбінованій системі мащення мастило циркулює по замкненому контуру. Після запуску двигуна масляний насос забирає мастило з картера, створює необхідний тиск і подає його до магістралей, звідки воно надходить до підшипників колінчастого вала, кривошипно-шатунного механізму, газорозподільчого механізму та інших вузлів. Після змащування деталей мастило самопливом повертається в картер.

3.4. Повний шлях мастила в системі мащення

Повний шлях мастила в сучасному двигуні включає такі етапи:

1. **Масляний картер** — резервуар для зберігання мастила.
2. **Маслоприймач з сітчастим фільтром** — запобігає потраплянню великих частинок у насос.
3. **Масляний насос (шестеренного типу)** — створює тиск і забезпечує циркуляцію мастила.
4. **Редукційний клапан** — обмежує максимальний тиск у системі.
5. **Масляний фільтр** — очищує мастило від механічних домішок.
6. **Масляний радіатор** — охолоджує мастило при підвищених теплових навантаженнях.

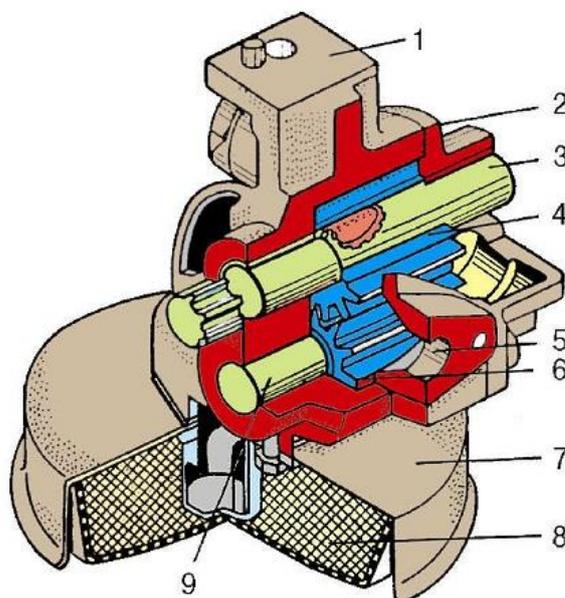
7. **Головна масляна магістраль** — розподіляє мастило до споживачів.
8. **Підшипники колінчастого вала** → шатунні підшипники.
9. **Канали у колінчастому та розподільчому валах.**
10. **Газорозподільчий механізм** (кулачки, штовхачі, коромисла).
11. **Розбризування та масляний туман** — змащування циліндрів, поршнів, пальців.
12. **Стік мастила назад у картер.**

3.5. Масляний картер

Масляний картер виконує функції резервуара для мастила, а також сприяє його частковому охолодженню. У сучасних двигунах картер часто має ребра жорсткості та охолодження. Усередині можуть встановлюватися перегородки для запобігання відливу мастила при різких маневрах автомобіля.

3.6. Масляний насос шестеренного типу

ОДНОСЕКЦІЙНИЙ МАСЛЯНИЙ НАСОС



- 1 – корпус
- 2 – кришка
- 3 – ведучий вал
- 4 – ведуча шестірня
- 5 – вихідний канал
- 6 – ведена шестірня
- 7 – маслоприймач

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД

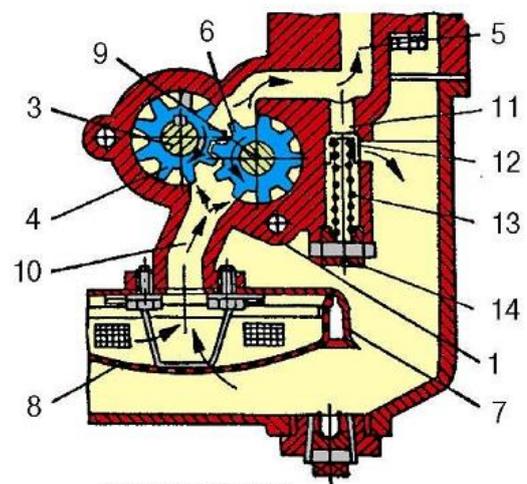


СХЕМА РОБОТИ

- 8 – сітка маслоприймача
- 9 – валик
- 10 – вхідний канал
- 11 – перепускний канал
- 12 – замковий пристрій (стаканчик)
- 13 – пружина
- 14 – регулювальний гвинт редуційного клапана

Шестеренний масляний насос складається з ведучої та веденої шестерень, корпусу та кришки. При обертанні шестерень у зоні всмоктування створюється

розрідження, завдяки чому мастило надходить у насос. У зоні нагнітання мастило витискається у напірну магістраль.

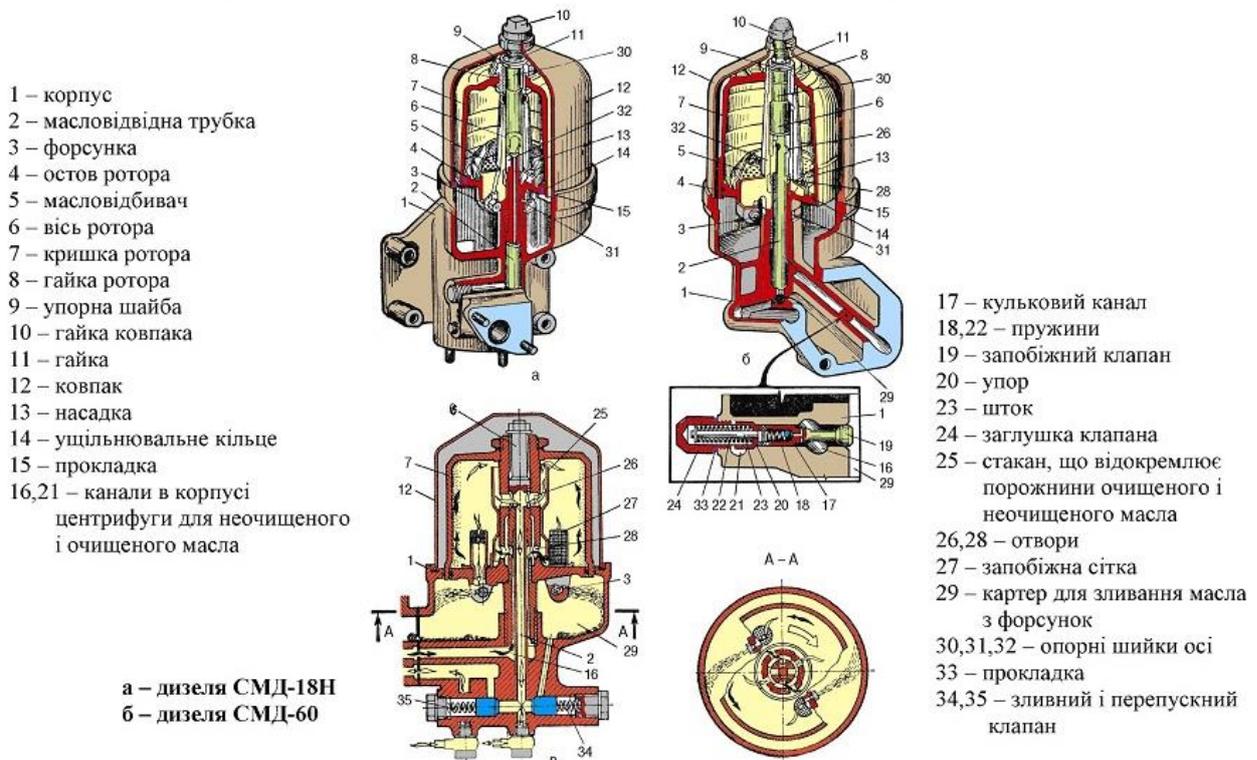
Переваги шестеренного насоса:

- простота конструкції;
- висока надійність;
- стабільна подача мастила.

3.7. Редукційний клапан

Редукційний клапан призначений для підтримання допустимого тиску в системі мащення. При перевищенні встановленого тиску клапан відкривається і частина мастила скидається назад у картер або на вхід насоса.

3.8. Масляні фільтри



У сучасних двигунах застосовують повнопоточні масляні фільтри. Окрему групу становлять **відцентрові масляні фільтри**, у яких очищення мастила відбувається за рахунок відцентрових сил, що відкидають важкі частинки до стінок ротора.

Відцентрові фільтри ефективні для видалення дрібнодисперсних забруднень і часто застосовуються як додаткові елементи системи мащення.

3.9. Масляний радіатор

Масляний радіатор призначений для зниження температури мастила, особливо в режимах високих навантажень. Охолодження мастила дозволяє зберігати його в'язкісні властивості та підвищує ресурс двигуна.

Масляний радіатор може бути:

- повітряного охолодження;
- рідинного (теплообмінник «масло–охолоджувальна рідина»).

3.10. Змащування деталей двигуна

- **Підшипники колінчастого і розподільчого валів** — змащуються під тиском;
- **Шатунні підшипники** — мастило надходить через канали у колінчастому валу;
- **Циліндро-поршнева група** — змащується розбризкуванням і масляним туманом;
- **Газорозподільчий механізм** — комбіноване змащування;
- **Привід ГРМ, турбокомпресор** — під тиском.

3.11. Взаємодія системи мащення з іншими системами двигуна

Система мащення тісно пов'язана із системою охолодження (через масляний радіатор), системою вентиляції картера та системою керування двигуном, яка контролює тиск і температуру мастила за допомогою датчиків.

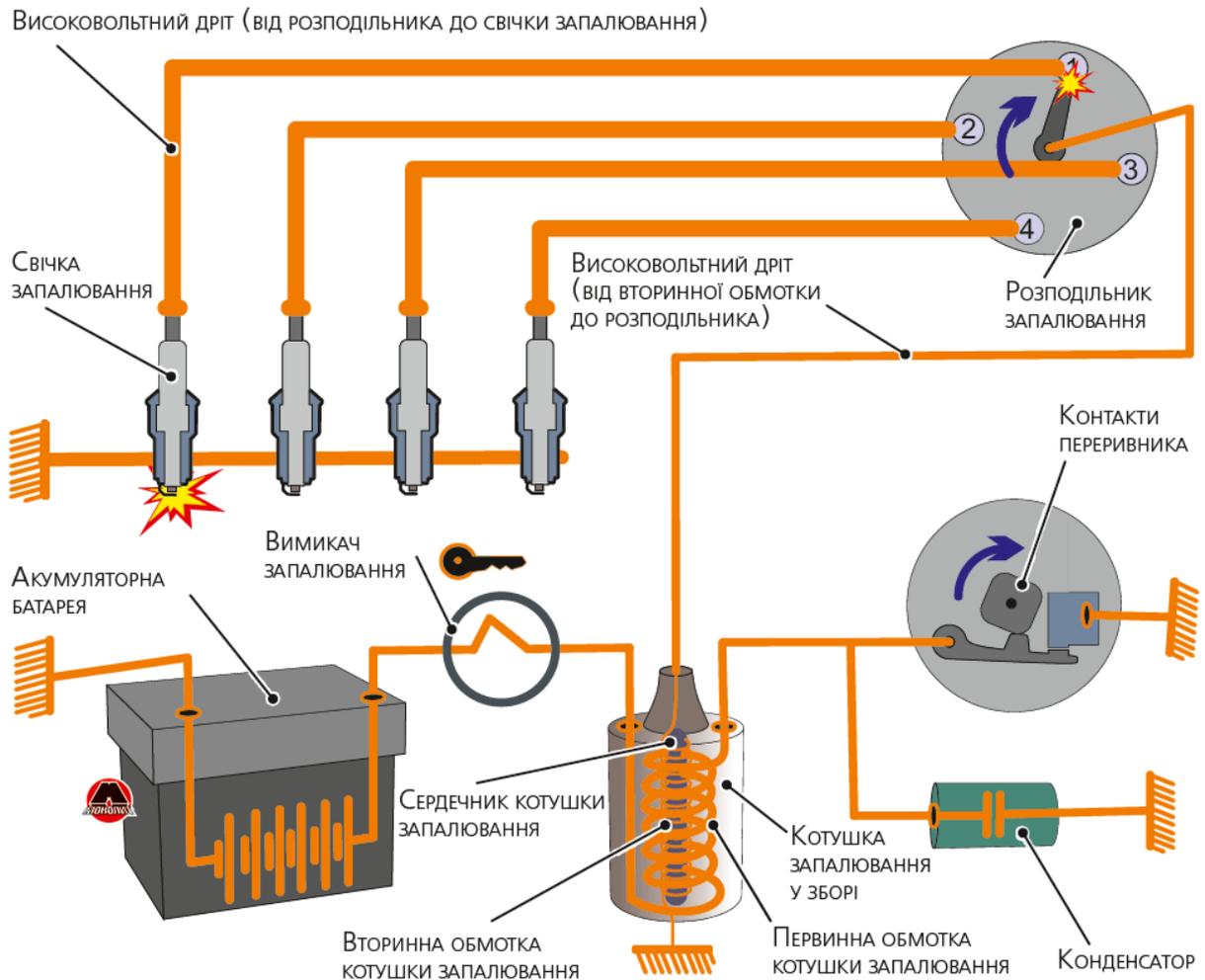
3.12. Значення системи мащення для ресурсу двигуна

Недостатнє або неякісне мащення призводить до підвищеного зношування, перегріву, заклинювання підшипників і виходу двигуна з ладу. Саме тому система мащення є однією з найвідповідальніших систем двигуна внутрішнього згорання.

4. Система запалювання

4.1. Контактна система батарейного запалювання

4.1.1. Загальна будова



Контактна система батарейного запалювання складається з таких основних елементiв:

- акумуляторної батареї;
- замка запалювання;
- котушки запалювання;
- переривача струму (контактної групи);
- конденсатора;
- розподiльника запалювання;
- високовольтних проводiв;
- свiчок запалювання.

4.1.2. Принцип роботи

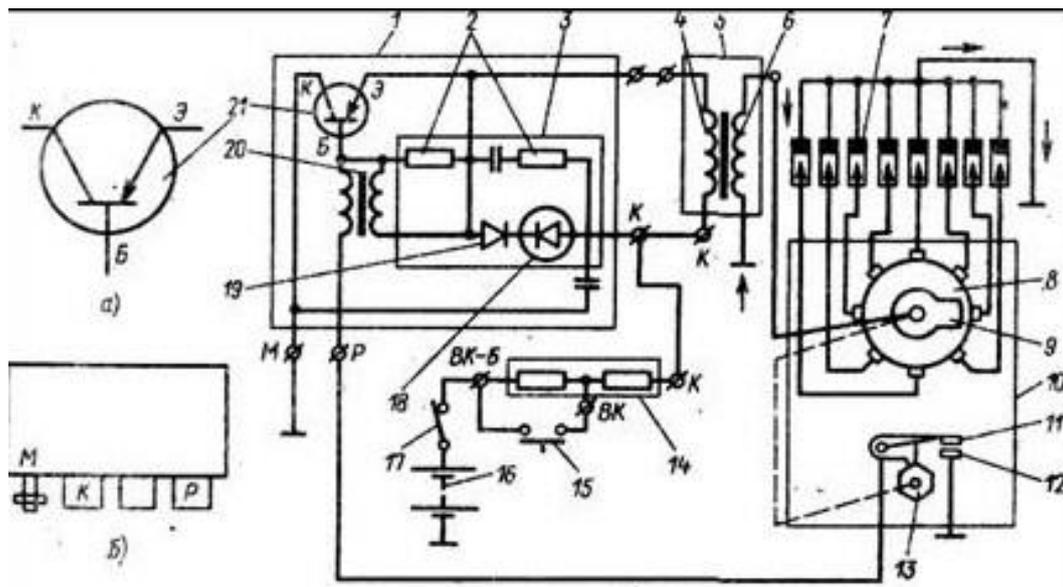
Пiсля ввiмкнення запалювання струм вiд акумулятора проходить через первинну обмотку котушки запалювання та замкненi контакти переривача. При розмиканнi контактiв магнiтне поле первинної обмотки рiзко руйнується, що iндукує у вториннiй обмотцi котушки iмпульс високої напруги. Ця напруга

через розподільник подається до відповідної свічки запалювання, де між електродами утворюється іскра.

4.1.3. Недоліки контактної системи

- механічне зношування контактів;
- обмеження частоти обертання двигуна;
- нестабільність моменту запалювання;
- необхідність частого технічного обслуговування.

4.2. Контактно-транзисторна система запалювання



У контактнo-транзисторній системі контакти переривача не комутують великий струм первинної обмотки котушки, а керують роботою транзистора. Основний струм проходить через силовий транзистор, що значно зменшує навантаження на контакти.

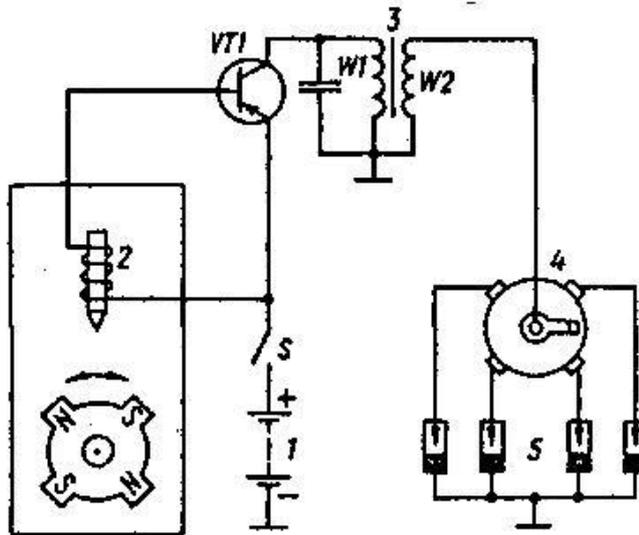
Переваги порівняно з контактною системою:

- зменшення зношування контактів;
- стабільніша іскра;
- підвищення ресурсу елементів.

Недоліком залишається наявність механічного переривача.

4.3. Безконтактні системи запалювання

4.3.1. Система з датчиком Холла



У безконтактній системі переривання струму здійснюється не механічними контактами, а електронним датчиком Холла, який реагує на зміну магнітного поля.

Основні елементи:

- датчик Холла;
- електронний комутатор;
- котушка запалювання;
- розподільник або електронний блок керування.

Переваги:

- відсутність механічного зношування;
- висока стабільність моменту запалювання;
- можливість роботи на високих обертах.

4.4. Електронні (мікропроцесорні) системи запалювання

Сучасні системи запалювання керуються електронним блоком керування двигуном (ECU), який обчислює оптимальний момент запалювання на основі сигналів від численних датчиків.

Основні датчики:

- положення колінчастого вала;
- положення розподільчого вала;
- детонації;
- температури охолоджувальної рідини;
- навантаження двигуна.

Типи електронних систем:

- DIS (безрозподільна система з двома свічками);
- COP (окрема котушка на кожному свічку).

Переваги електронних систем:

- висока точність керування;
- автоматична адаптація до режимів роботи;
- зменшення витрати палива;
- зниження токсичності вихлопу.

4.5. Регулювання кута випередження запалювання

У контактних і безконтактних системах застосовуються:

- відцентровий регулятор — змінює кут запалювання залежно від частоти обертання;
- вакуумний регулятор — коригує момент запалювання залежно від навантаження двигуна.

У сучасних електронних системах ці функції повністю реалізовані програмно в ECU.

4.6. Взаємодія системи запалювання з іншими системами двигуна

Система запалювання тісно пов'язана із системою живлення, системою пуску та електронними системами керування. Несправності запалювання безпосередньо впливають на тепловий режим двигуна, зношування деталей і стабільність роботи.

Система запалювання пройшла значну еволюцію від простих контактних схем до складних електронних систем. Сучасні мікропроцесорні системи забезпечують оптимальне згоряння палива, підвищують економічність, надійність і екологічні показники двигуна.

5. Система живлення двигуна

5.1. Призначення та загальна характеристика системи живлення

Система живлення двигуна призначена для зберігання палива, його очищення, дозування, підготовки паливоповітряної суміші (або паливного заряду для дизельних двигунів) та подачі її у циліндри двигуна у відповідній кількості й у точно визначений момент часу. Від конструкції та принципу

роботи системи живлення безпосередньо залежать потужність двигуна, його економічність, екологічні показники, стабільність роботи та пускові властивості.

Система живлення працює у тісній взаємодії з системами запалювання, пуску, охолодження та електронного керування двигуном, утворюючи єдиний функціональний комплекс.

5.2. Класифікація систем живлення

Системи живлення класифікують за такими ознаками:

За видом палива:

- бензинові;
- дизельні;
- газові (LPG, CNG);
- комбіновані (бензин–газ).

За способом утворення паливної суміші:

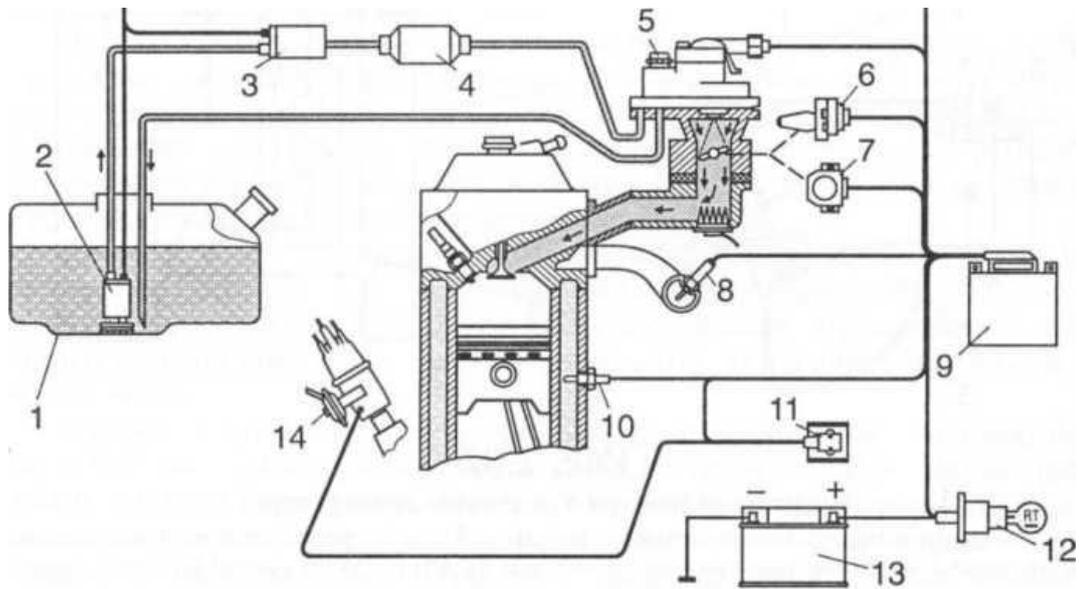
- зовнішнє сумішоутворення (бензинові інжекторні та карбюраторні системи);
- внутрішнє сумішоутворення (дизельні системи).

За способом упорскування палива:

- розподілене впорскування;
- безпосереднє впорскування;
- акумуляторні системи (Common Rail).

5.3. Інжекторна система живлення бензинового двигуна

5.3.1. Загальна будова



1. — паливний бак; 2— паливоподавальний насос; 3 — паливний насос; 4 — паливний фільтр; 5 — вузол центральної форсунки; 6 — регулятор холостого ходу із кроковим двигуном; 7— потенціометр дросельної заслінки; 8 — лямбда-зонд; 9— електронний блок керування впорскуванням; 10 — датчик температури охолодної рідини; 11. — прилад, що комутує сигнал інформації про частоту обертання колінчастого вала двигуна, який надходить із системи запалювання; 12 — вимикач запалювання; 13 — акумуляторна батарея; 14 — датчик-розподільник

Сучасна інжекторна система живлення бензинового двигуна складається з таких основних елементів:

- паливного бака;
- електричного паливного насоса;
- паливних фільтрів грубого та тонкого очищення;
- паливної магістралі та рампи;
- електромагнітних форсунок;
- дросельного вузла;
- регулятора тиску палива;
- датчиків (масової витрати повітря, температури, положення дроселя, кисню тощо);
- електронного блоку керування (ECU).

5.3.2. Принцип роботи

Паливо з бака електричним насосом подається через фільтри до паливної рампи, де підтримується стабільний тиск. ECU, аналізуючи сигнали датчиків,

визначає тривалість відкриття форсунок, які впорскують точно дозовану кількість палива у впускний колектор або безпосередньо у циліндр.

Форсунки утворюють дрібнодисперсний факел палива, що забезпечує ефективне випаровування та рівномірне змішування з повітрям. Дросельний вузол регулює кількість повітря, що надходить у двигун, визначаючи його навантаження.

5.4. Система живлення дизельного двигуна (традиційна)

5.4.1. Призначення та особливості

У дизельних двигунах система живлення забезпечує подачу палива у циліндри під високим тиском у строго визначений момент кінця такту стиснення. Запалювання палива відбувається самозайманням під дією високої температури стисненого повітря.

5.4.2. Будава традиційної дизельної системи

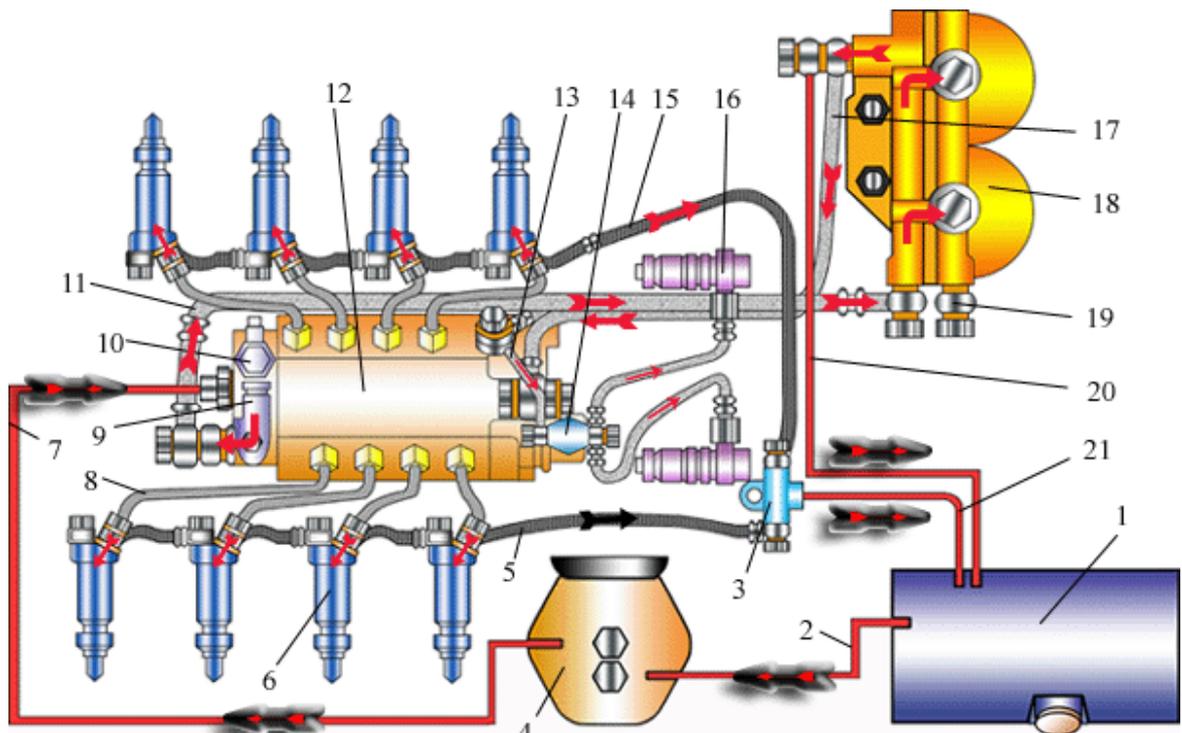


Рис. Схема системи живлення дизеля КамАЗ-740.

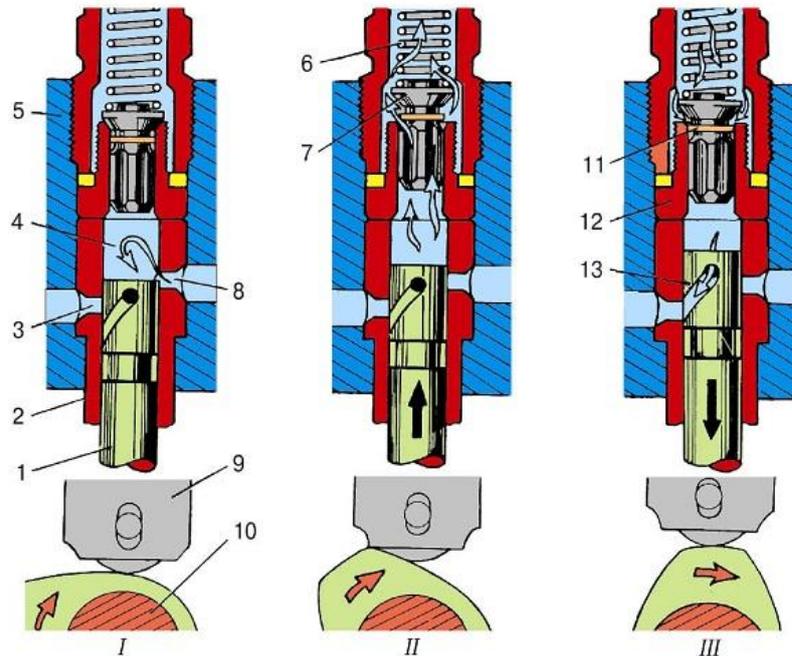
1- паливний бак; 2,5,7,8,11,13,15,17,19-21- паливопроводи; 3- трійник; 4,18- фільтри відповідно грубої й тонкої очистки палива; 6- форсунка; 9- ручний підкачувальний насос; 10- паливopідкачувальний насос; 12- паливний насос високого тиску; 14- електромагнітний клапан; 16- факельна свічка.

Основні елементи:

- паливний бак;
- підкачувальний насос;

- фільтри грубого і тонкого очищення;
- паливний насос високого тиску (ПНВТ);

СХЕМА ДІЇ СЕКЦІЇ ПАЛИВНОГО НАСОСА ВИСОКОГО ТИСКУ ТИПУ ТН



1 – плунжер
 2 – гільза
 3 – перепускне вікно
 4 – порожнина над плунжером
 5 – головка насоса
 6 – пружина
 7 – клапан нагнітальний

8 – впускне вікно
 9 – штовхач
 10 – вал кулачковий
 11 – поясок розвантажувальний нагнітального клапана
 12 – сідло клапана
 13 – гвинтова кромка плунжера

- трубопроводи високого тиску;
- форсунки;
- регулятор частоти обертання.

5.4.3. Принцип роботи

ПНВТ дозує паливо і подає його до кожної форсунки під високим тиском. Форсунка розпилює паливо безпосередньо у камеру згоряння. Кількість палива регулюється зміною ходу плунжерів ПНВТ.

5.5. Система Common Rail

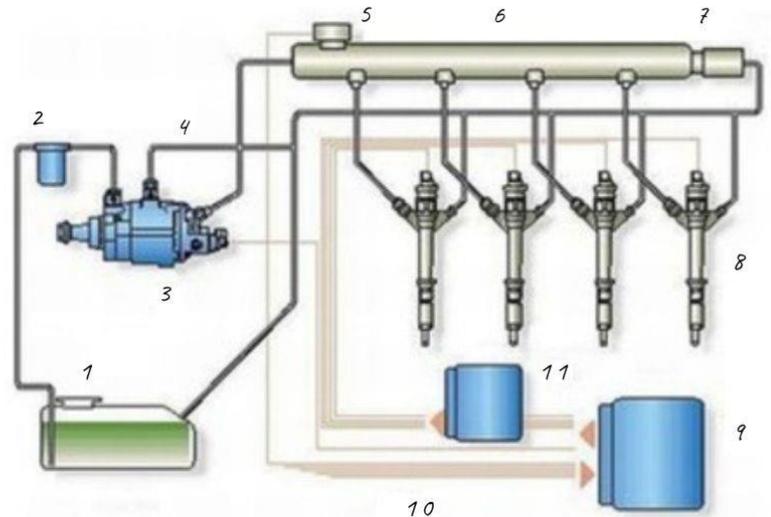
5.5.1. Загальна характеристика

Common Rail — це акумуляторна система живлення дизельного двигуна, у якій створення високого тиску та момент упорскування розділені у часі.

5.5.2. Будова

Будова системи впорскування Common Rail

- 1 ПАЛИВНИЙ БАК
- 2 ПАЛИВНИЙ ФІЛЬТР
- 3 ПАЛИВНИЙ НАСОС
- 4 ПАЛИВОПРОВІД
- 5 ДАТЧИК ТИСКУ ПАЛИВА
- 6 ПАЛИВНА РАМПА
- 7 РЕГУЛЯТОР ТИСКУ ПАЛИВА
- 8 ФОРСУНКИ
- 9 БЛОК КЕРУВАННЯ
- 10 МІГНАЛИ ВІД ДАТЧИКІВ
- 11 ПІДСИЛЮВАЛЬНИЙ БЛОК



Основні елементи системи:

- паливний насос високого тиску;
- паливна акумуляторна рампа (Rail);
- електронно-керовані форсунки;
- датчики тиску палива;
- електронний блок керування.

5.5.3. Принцип роботи

ПНВТ постійно підтримує високий тиск у рампі. ECU керує моментом і тривалістю відкриття форсунок, забезпечуючи багатофазне впорскування (попереднє, основне, додаткове), що знижує шум, вібрації та токсичність вихлопу.

5.6. Газові системи живлення двигунів

5.6.1. Загальна характеристика

Газові системи живлення використовують зріджений нафтовий газ (LPG) або стиснений природний газ (CNG). Газ зберігається у балонах під тиском.

5.6.2. Основні елементи

- газові балони;
- мультиклапани;
- редуктор-випарник;

- газові фільтри;
- газові форсунки;
- електронний блок керування газовою системою.

5.6.3. Принцип роботи

Газ із балона через редуктор знижується до робочого тиску, випаровується та подається через форсунки у впускний тракт. ECU газової системи синхронізує роботу з бензиною системою керування двигуном.

5.7. Взаємодія системи живлення з іншими системами двигуна

Система живлення тісно пов'язана з системою запалювання (для бензинових двигунів), системою охолодження, електронними системами керування та системою випуску відпрацьованих газів. Порушення роботи системи живлення призводить до перегріву двигуна, детонації або підвищеної токсичності вихлопу.

Система живлення є однією з ключових систем двигуна, що визначає його ефективність, економічність та екологічні показники. Сучасні інжекторні, дизельні та газові системи живлення характеризуються високою точністю дозування палива та тісною інтеграцією з електронними системами керування.

6. Система пуску двигуна

6.1. Призначення системи пуску

Система пуску двигуна призначена для забезпечення примусового провертання колінчастого вала двигуна з частотою, достатньою для початку самостійної роботи двигуна. Пуск є одним із найскладніших режимів роботи двигуна, оскільки супроводжується підвищеними механічними навантаженнями, погіршеними умовами мащення та значними витратами електричної енергії.

Основні завдання системи пуску:

- створення необхідної частоти обертання колінчастого вала;
- забезпечення надійного пуску за різних температурних умов;
- мінімізація зношування деталей двигуна під час пуску;
- узгодження роботи з системами живлення та запалювання.

6.2. Класифікація систем пуску

Системи пуску двигунів класифікують за такими ознаками:

За джерелом енергії:

- електричні;
- пневматичні;
- гідравлічні;
- інерційні (обмежене застосування).

За способом передачі крутного моменту:

- із жорстким зачепленням;
- із автоматичним введенням у зачеплення (бендиксні механізми).

Найбільш поширеними в автомобільній техніці є електричні стартерні системи пуску.

6.3. Загальна будова електричної системи пуску

Електрична система пуску двигуна складається з таких основних елементів:

- акумуляторної батареї;
- замка запалювання або кнопки «Start»;
- втягувального (тягового) реле стартера;
- електродвигуна стартера;
- механізму приводу стартера;
- зубчастого вінця маховика;
- з'єднувальних кабелів та реле керування.

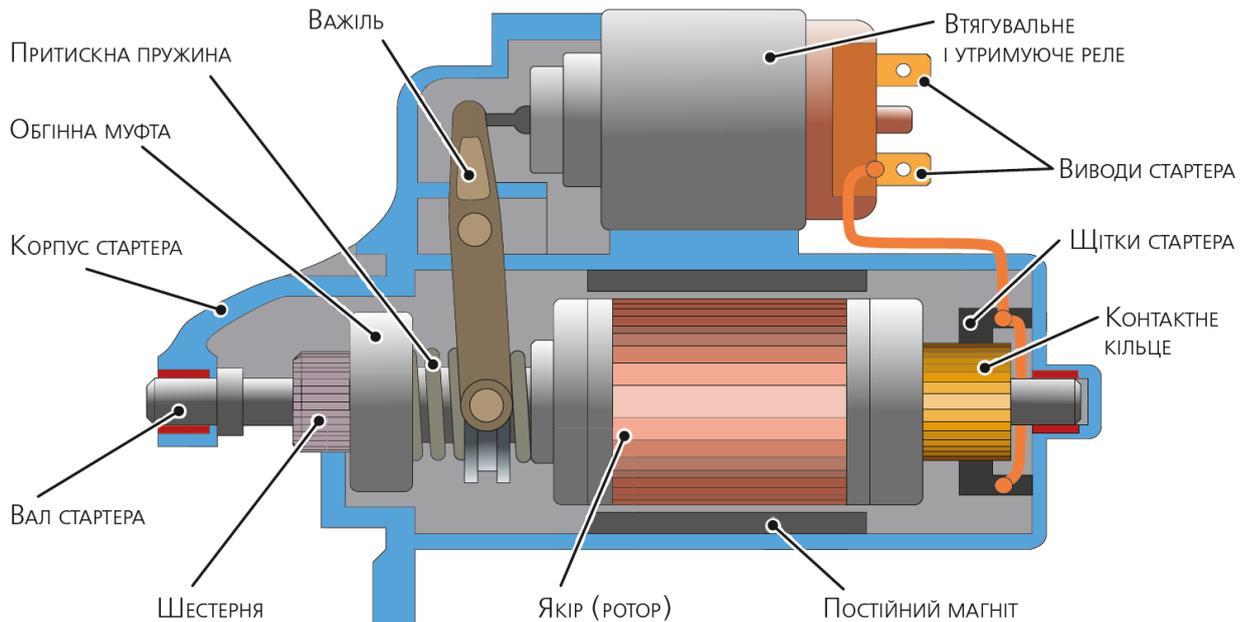
Кожен із цих елементів виконує чітко визначену функцію та працює у суворій часовій послідовності.

6.4. Акумуляторна батарея та її роль у пуску

Акумуляторна батарея є основним джерелом електричної енергії для стартера. Під час пуску вона повинна забезпечити короткочасну подачу великого струму (до кількох сотень ампер).

Ємність та пусковий струм акумулятора визначають можливість пуску двигуна, особливо за низьких температур, коли зростає в'язкість мастила і збільшується опір прокручуванню колінчастого вала.

6.5. Стартер: будова та принцип роботи



6.5.1. Електродвигун стартера

Стартер являє собою потужний електродвигун постійного струму, що складається з:

- корпусу;
- обмоток збудження або постійних магнітів;
- якоря з колектором;
- щіткового вузла;
- підшипників або втулок.

Електродвигун стартера перетворює електричну енергію акумулятора у механічну енергію обертання.

6.5.2. Втягувальне реле

Втягувальне реле виконує дві основні функції:

- введення шестерні стартера у зачеплення з вінцем маховика;
- замикання силового електричного кола стартера.

Реле складається з електромагнітних обмоток, сердечника, контактної групи та механічного важеля.

6.5.3. Привід стартера (бендикс)

Привід стартера забезпечує передачу крутного моменту від електродвигуна до маховика лише під час пуску. Після запуску двигуна він автоматично виходить із зачеплення, запобігаючи пошкодженню стартера.

6.6. Послідовність роботи системи пуску

1. Водій вмикає замок запалювання або натискає кнопку «Start».
2. Струм надходить до втягувального реле стартера.
3. Шестерня стартера входить у зачеплення з вінцем маховика.
4. Замикається силове коло, і стартер починає обертати колінчастий вал.
5. Після запуску двигуна стартер автоматично вимикається.

6.7. Особливості пуску двигуна за низьких температур

За низьких температур істотно зростає опір прокручуванню двигуна через підвищення в'язкості мастила та зниження ємності акумулятора. Для полегшення пуску застосовуються:

- стартери підвищеної потужності;
- акумулятори з високим пусковим струмом;
- системи підігріву повітря або палива;
- свічки розжарювання (у дизельних двигунах).

6.8. Взаємодія системи пуску з іншими системами двигуна

Система пуску працює у тісній взаємодії з:

- системою живлення (подача палива під час пуску);
- системою запалювання (утворення іскри);
- системою мащення (створення первинної масляної плівки);
- електронними системами керування.

Система пуску двигуна є критично важливою для забезпечення надійної експлуатації автомобіля. Її ефективна робота забезпечує швидкий запуск двигуна, зменшує зношування деталей та підвищує загальну надійність силової установки.

7. Система випуску відпрацьованих газів

7.1. Призначення системи випуску

Система випуску відпрацьованих газів призначена для відведення продуктів згоряння з циліндрів двигуна, зниження рівня шуму, зменшення токсичності вихлопу та забезпечення оптимальних умов газообміну. Від ефективності роботи системи випуску залежить наповнення циліндрів свіжим

зарядом, потужність двигуна, його економічність та відповідність екологічним нормам.

Система випуску працює у складних умовах високих температур, агресивного хімічного середовища та значних пульсацій тиску, що висуває підвищені вимоги до матеріалів і конструкції її елементів.

7.2. Класифікація систем випуску

Системи випуску класифікують за такими ознаками:

За ступенем очищення відпрацьованих газів:

- традиційні (без нейтралізації);
- з каталітичним нейтралізатором;
- з комплексними системами доочистки (EGR, DPF, SCR).

За конструкцією випускного тракту:

- однопотокові;
- багатопотокові;
- з настроєними випускними колекторами.

7.3. Загальна будова системи випуску

До складу системи випуску входять такі основні елементи:

- випускний колектор;
- приймальна труба;
- каталітичний нейтралізатор;
- сажовий фільтр (для дизельних двигунів);
- глушники (резонаторний та основний);
- трубопроводи та гнучкі з'єднання;
- датчики (кисню, температури, тиску).

Усі елементи системи утворюють єдиний газодинамічний тракт, у якому відбувається поетапне зниження температури, тиску, шуму та токсичності газів.

7.4. Випускний колектор: будова і принцип роботи

Випускний колектор призначений для збору відпрацьованих газів з окремих циліндрів і спрямування їх у випускний тракт. Він працює в умовах різких температурних коливань та циклічних навантажень.

Колектори можуть бути:

- чавунними (висока термостійкість);
- сталевими трубчастими (кращі газодинамічні характеристики).

Настроєні колектори використовують явище хвильового розрідження для покращення очищення циліндрів у момент відкриття випускного клапана.

7.5. Глушники шуму

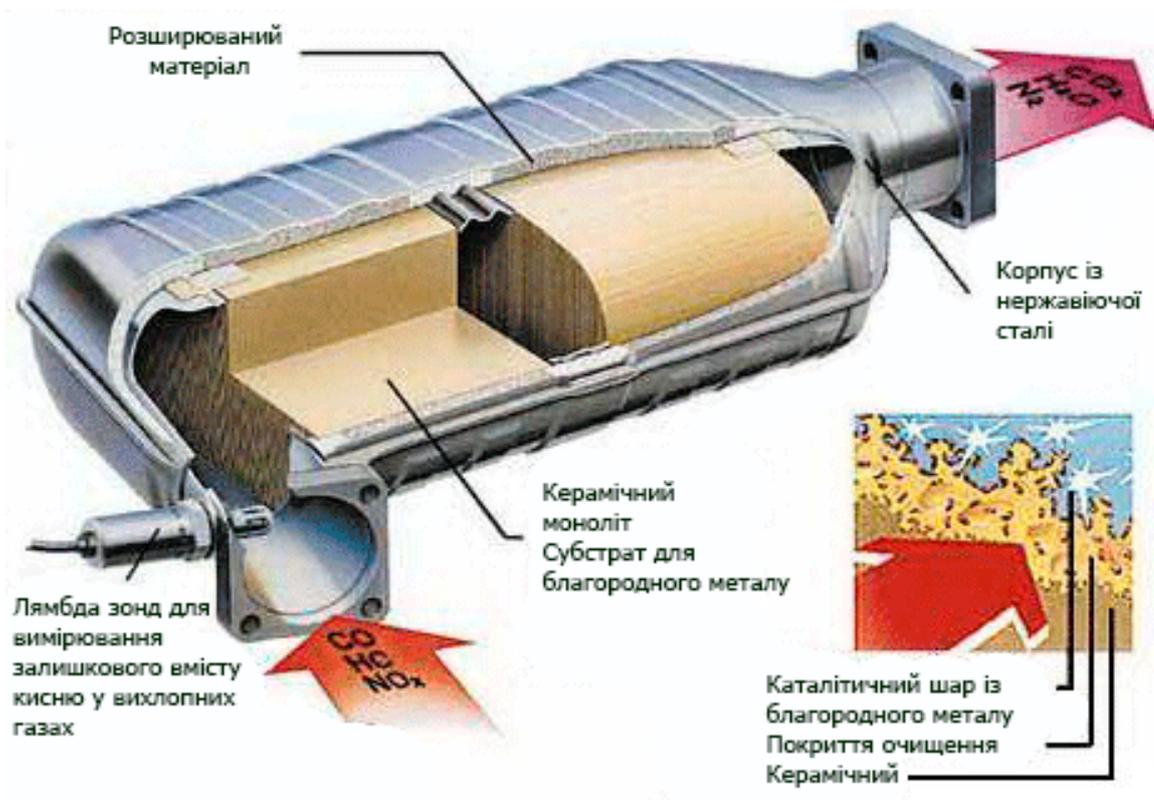
Глушники призначені для зменшення шуму, що виникає внаслідок пульсацій тиску відпрацьованих газів.

Типи глушників:

- реактивні (лабіринтні);
- абсорбційні;
- комбіновані.

Резонатор знижує високочастотні коливання, а основний глушник — низькочастотні, забезпечуючи комфортний акустичний режим.

7.6. Каталітичний нейтралізатор

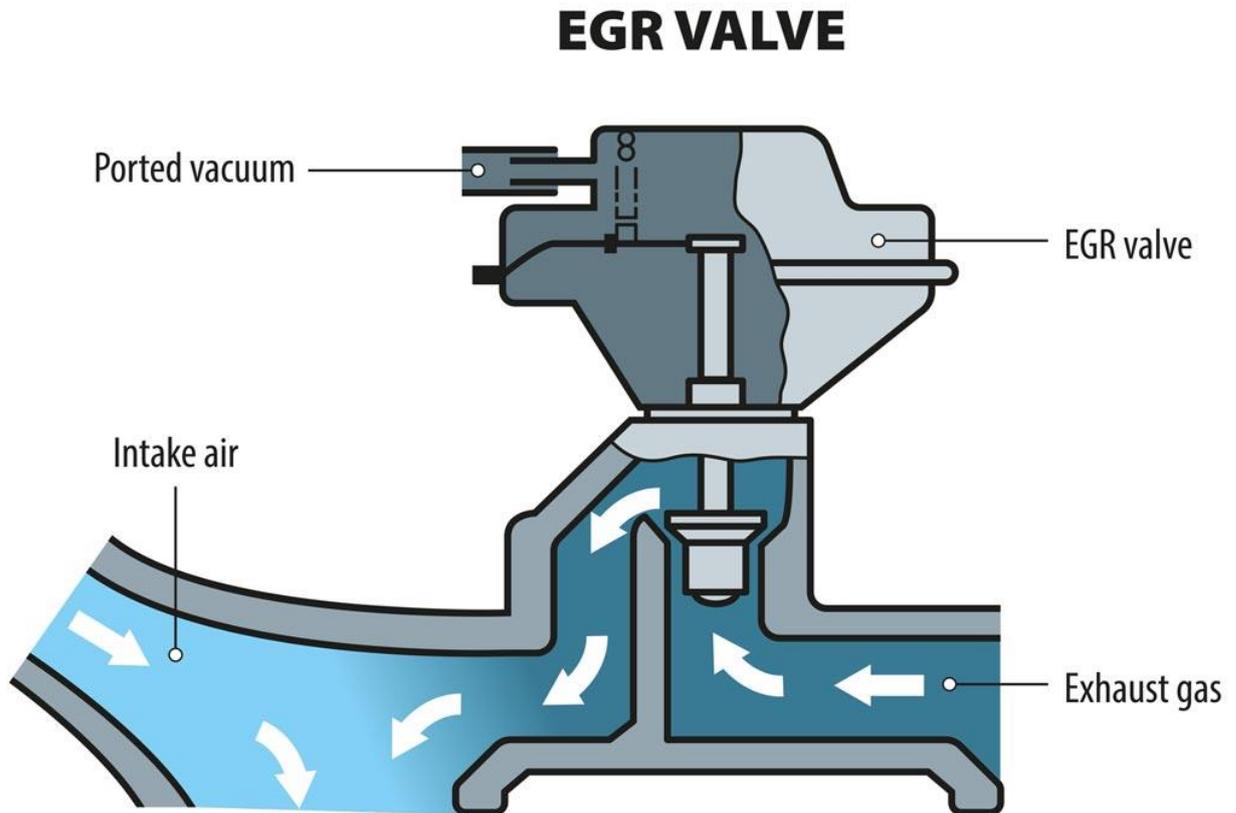


Каталітичний нейтралізатор призначений для зменшення вмісту токсичних компонентів у вихлопі: CO, HC та NOx.

Основу нейтралізатора становить керамічний або металевий носій з нанесеним шаром каталізаторів (платина, паладій, родій).

Каталізатор працює ефективно лише за умови підтримання стехіометричного складу суміші, що забезпечується системою живлення та датчиками кисню.

7.7. Система рециркуляції відпрацьованих газів (EGR)



Система EGR призначена для зниження утворення оксидів азоту шляхом повернення частини відпрацьованих газів у впускний тракт.

Відпрацьовані гази знижують температуру згоряння, що обмежує утворення NOx. Керування EGR здійснюється електронним блоком керування двигуном.

7.8. Сажовий фільтр (DPF)



Сажовий фільтр застосовується у дизельних двигунах для уловлювання твердих частинок сажі. У процесі експлуатації фільтр періодично проходить регенерацію — спалювання накопиченої сажі за підвищеної температури.

Регенерація може бути пасивною або активною, залежно від режимів роботи двигуна.

7.9. Система SCR (селективна каталітична нейтралізація)

Система SCR застосовується для додаткового зниження NOx у дизельних двигунах шляхом упорскування розчину сечовини (AdBlue) у вихлопний тракт.

Під дією температури сечовина розкладається з утворенням аміаку, який вступає в реакцію з оксидами азоту, утворюючи нешкідливі азот і воду.

7.10. Взаємодія системи випуску з іншими системами двигуна

Система випуску тісно взаємодіє з:

- системою газорозподілу;
- системою живлення;
- електронними системами керування;
- системою охолодження (через тепловий режим двигуна).

Порушення роботи випускної системи призводить до зниження потужності, підвищеної витрати палива та перевищення екологічних норм.

Система випуску відпрацьованих газів є складною багатофункціональною системою, що забезпечує ефективний газообмін, акустичний комфорт та екологічну безпеку автомобіля. Її сучасні конструкції тісно інтегровані з електронними системами керування двигуном.

Висновки

Системи двигуна утворюють єдиний функціональний комплекс, що забезпечує ефективну, економічну та екологічну роботу двигуна внутрішнього згоряння.