

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра агроінженерії

02-07-33М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни
«Трактори і автомобілі» для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною
радою з якості ННМІ
Протокол № 2 від 02 жовтня 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи з дисципліни «Трактори і автомобілі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Рижий О. П., Голотюк М. В., Тимчук Б. О. – Рівне : НУВГП, 2024. –59 с.

Укладачі: Рижий О. П. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства; Голотюк М. В. – к.т.н., доцент кафедри агроінженерії; Тимчук Б. О. – студент спеціальності агроінженерія.

Відповідальний за випуск: Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри агроінженерії.

Керівник групи забезпечення спеціальності
Бундза Олег Зіновійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії.

Попередня версія 02-03-94М

© О. П. Рижий,
М. В. Голотюк,
Б. О. Тимчук, 2024
© НУВГП, 2024

Практична робота №1

Тема: Кривошипно-шатунний механізм ДВЗ

Мета роботи: розширити, поглибити і закріпити теоретичні знання щодо конструкції, принципу дії, особливості складових елементів кривошипно-шатунного механізму ДВЗ.

1. Загальні відомості

На даний час переважна більшість дорожніх транспортних засобів та сільськогосподарських машини обладнана поршневими двигунами внутрішнього згоряння. Дані двигуни працюють за принципом перетворення хімічної теплоти згоряння палива на механічну роботу всередині робочого циліндра. Перетворення теплоти на роботу в таких двигунах пов'язане з реалізацією цілого комплексу складних фізико-хімічних, газодинамічних і термодинамічних процесів, технічне впровадження яких забезпечується наявними механізмами та системами.

Кривошипно-шатунний механізм (КШМ) – є основним механізмом ДВЗ, який сприймає тиск газів, що утворюються в процесі згоряння робочої суміші та перетворює прямолінійний зворотно-поступальний рух поршня на обертальний рух колінчастого валу. Також за допомогою КШМ забезпечуються процеси газообміну в робочому циклі двигуна.

До складу КШМ (рис.1.1) входять нерухомі деталі – циліндри, картер, головка блоку циліндрів та рухомі – поршнева група, шатунна група, колінчастий вал, маховик.

Поршнева група включає поршень, поршневі кільця (компресійні та маслознімне), поршневий палець, стопорні кільця (для пальців плаваючого типу). У шатунну групу входять шатун, шатунні вкладиші, шатунні болти (шпильки) з гайками.

Напрямним елементом для руху поршня служить циліндр. Конструкція ДВЗ з рідинним охолодженням, як правило, передбачає з'єднання усіх циліндрів у єдиний елемент – блок циліндрів 11 (рис.1.1).

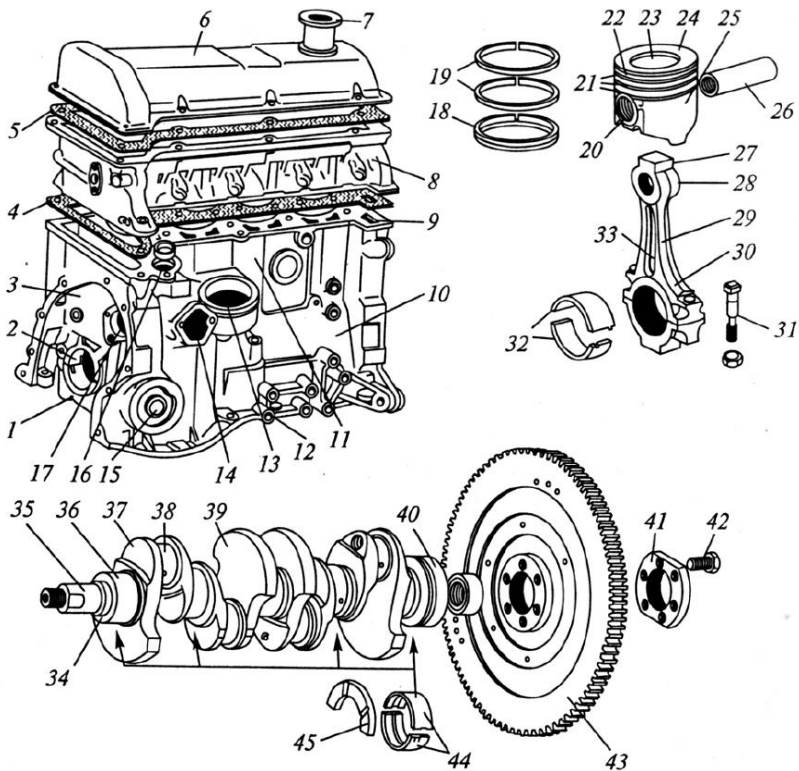


Рисунок 1.1. Кривошипно-шатунний механізм ДВЗ:

1 – нижня кришка підшипника колінчастого валу, 2 – опора,
 3,9 – порожнини, 4,5 – прокладки, 6 – кришка головки блоку, 7 –
 горловина, 8 – головка блоку, 10 – картер, 11 – блок циліндрів, 12-16,
 20 – приливи, 17, 33 – отвори, 18,19 – кільця, 21 – канавки, 22 –
 головка поршня, 23 – днище поршня, 24 – поршень, 25 –
 юбка поршня, 26 – поршневий палець, 27 – шатун, 28 – верхня головка
 шатуна, 29 – стержень шатуна, 30 – нижня головка шатуна, 31,42
 – болти, 32,44 – вкладиші підшипників, 34 – колінчастий вал, 35 –
 передній кінець (носок) колінчастого валу, 36 – корінні шийки
 колінчастого валу, 37 – шочка, 38 – шатунні шийки колінчастого валу,
 39 – противага, 40 – хвостовик колінчастого валу, 41 – шайба,
 43 – маховик, 45 – фіксуюче напівкільце.

Останній, у свою чергу, для забезпечення жорсткості відливають як одне ціле з картером 10. В такому конструктивному виконанні зазначена деталь називається блок-картером та є остовом двигуна на якому кріпляться практично всі механізми та системи. Раціональність конструкції блок-картера визначає міцність та жорсткість силового агрегату, його габарити та масу.

З метою зменшення ваги, блок циліндрів виготовляють з алюмінієвого сплаву, в який можуть запресовуватися змінні гільзи. Це підвищує ремонтпридатність ДВЗ, але знижує жорсткість самої конструкції. Зазвичай матеріалом для виготовлення знімних гільз є високоміцний чавун, а для підвищення твердості та зносостійкості внутрішню робочу поверхню загартовують струмами високої частоти. Гільзи бувають сухими та мокрими (рис. 1.2). Для ущільнення мокрих гільз у блоці циліндрів передбачено встановлення гумових (іноді – мідних) кілець. Для надійної фіксації та забезпечення відповідних геометричних розмірів мокру гільзу фіксують за допомогою опорних буртів та посадкових поясів. Верхній торець гільзи дещо виступає над площиною блок-картера (0,05 – 0,15 мм), що дозволяє отримати надійний газовий стик завдяки додатковій деформації прокладки між головкою й блоком циліндрів. Ретельно оброблену внутрішню поверхню циліндра називають дзеркалом.

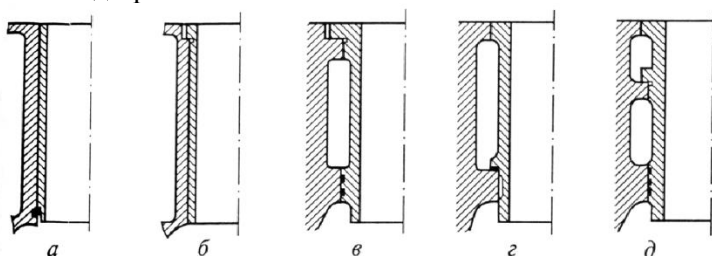


Рисунок 1.2. Типи гільз циліндрів:

а - суха без опорного бурта, б – суха з опорним буртом, в – мокра з верхнім опорним фланцем, г – мокра з нижнім опорним фланцем, д – мокра з середнім опорним фланцем

Спереду блок-картер закривають кришкою, під якою розміщені деталі приводу газорозподільного механізму (зубчасті колеса, зірочки, ланцюг або зубчастий пас).

Циліндри ДВЗ з повітряним охолодженням (рис.1.3) зазвичай виготовляють індивідуальними з зовнішніми ребрами для збільшення площі контакту з навколишнім середовищем, що дозволяє підвищити ефективність їх охолодження.



Рисунок 1.3. Циліндри ДВЗ з повітряним охолодженням

Головка циліндрів (рис.1.4) являє собою деталь, що фіксується зверху блоку циліндрів (у двигунах з рідинним охолодженням), або одного циліндра (як правило, в двигунах з повітряним охолодженням), утворюючи при цьому камеру згоряння та служить для закріплення в ній клапанного механізму. Їх звичайно відливають з алюмінієвих сплавів чи чавуну. Двигун може мати одну головку на ряд циліндрів чи окремі головки для кожного циліндра або групи циліндрів. Індивідуальні головки забезпечують надійніший газовий стик. Усередині головки утворюють систему каналів та порожнин для циркуляції охолодної рідини, підводу повітря чи пальної суміші у циліндр та виводу відпрацьованих газів.

У головку циліндрів двигунів запресовують напрямні втулки і

сідла клапанів. У сучасних двигунах спостерігається тенденція до переходу на чотириклапанні головки з метою поліпшення наповнення циліндрів. Більш складні за конструкцією головки дизелів з розділеними камерами згоряння.

Головки циліндрів двигунів повітряного охолодження мають значне оребрення (до 75% поверхні) для поліпшення відводу тепла.



Рис. 1.4. Головка блоку циліндрів з кришкою та розподільчими валами



Рис. 1.5. Індивідуальні головки блоку циліндрів ДВЗ з рідинним охолодженням



Рис. 1.6. Індивідуальні головки блоку циліндрів ДВЗ з повітряним охолодженням

Поршень (рис.1.7) має форму перевернутого металевого стакану, що розташований днищем до головки циліндра. Він сприймає тиск газів і передає дане зусилля через поршневий палець і шатун на колінчастий вал двигуна.

Завдяки безпосередньому контакту з процесом згоряння верхня частина поршня сильно нагрівається, внаслідок чого знижується його міцність і погіршуються умови мащення. Відповідно до цього конструкція поршня, матеріал, з якого він виготовлений, мають забезпечувати високі механічні властивості та зносостійкість. Поршень має бути достатньо легким і добре відводити теплоту.

В автотракторному двигунобудуванні поршні виробляють литтям із сплавів на мідноалюмінієвій та кремнеалюмінієвій

основі (АЛ1, АЛ10В, АЛ-25, В300 та ін.) з наступною механічною обробкою.

Конструкція поршня включає днище, головку (ущільнювальну частину) і юбку (напрямну частину). В середині, на внутрішній поверхні юбки виконано два припливи – бобишки, в отвір яких встановлюють поршневий палець. Для збільшення жорсткості поршня на його внутрішній поверхні виконані ребра.

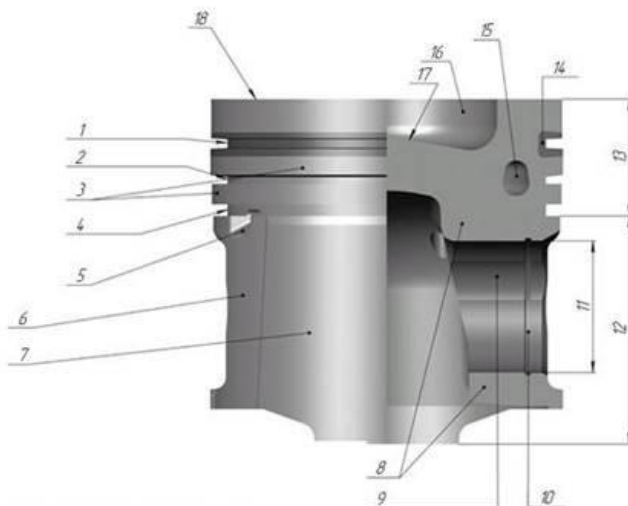


Рис. 1.7. Конструктивні елементи поршня ДВЗ:

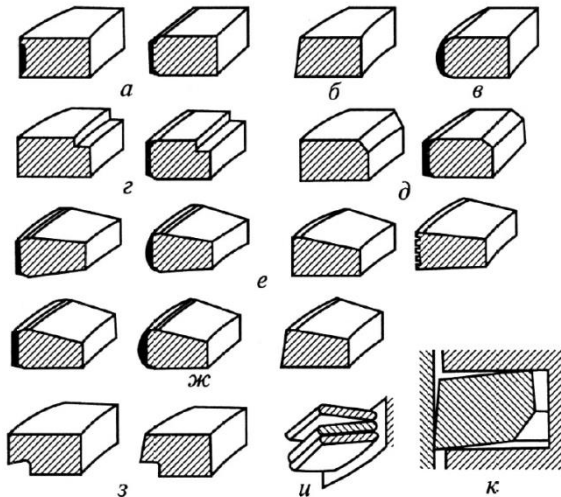
*1,2 – канавки під компресійні кільця; 3 – міжкільцеві відступи;
4 – канавка під маслоснімне кільце; 5 – вибірка для зливу масла;
6 – «холодильник»; 7 – юбка поршня; 8 – бобишки; 9 –
розвантажувальна вибірка; 10 – канавка для стопорного кільця; 11 –
отвір під поршневий палець; 12 – юбка поршня; 13 – головка поршня;
14 – чавунна вставка; 15 – охолоджувальна порожнина; 16 –
камера згоряння; 17 – конусний виступ; 18 – днище поршня.*

Днища поршнів бувають різними за формою – плоскими, випуклими, ввігнутими, у них можуть бути виконані канавки для запобігання ударів клапанів об поршень. У дизелів у головці поршня розташовано камеру згоряння. У бензинових ДВЗ у поршні також може бути виконана частина камери згоряння. У

бензинових ДВЗ з безпосереднім впорскуванням форма днища поршня виконується з деяким виступом, що забезпечує процес пошарового приготування паливної суміші.

За призначенням і функціями розрізняють компресійні та маслознімні поршневі кільця.

Компресійні кільця встановлюються у верхніх канавках поршня та призначені для забезпечення ущільнення між поршнем і циліндром. Вони перешкоджають витіканню газів з надпоршневого простору в картер двигуна, а також проникненню масла в циліндр двигуна. Компресійні кільця, окрім основної функції, забезпечують відведення значної частини теплоти від поршня до стінок циліндра. Конструкції найбільш розповсюджених компресійних кілець наведена на рис.1.8.



*Рис. 1.8. Конструктивне виконання компресійних кілець :
 а – прямокутне; б – конічне; в – бочкоподібне; г, д – прямокутне з внутрішньою виточкою; е, ж – трапецієвидне; з – скребкове; и – сталеве кручене; к – торсіонне зі зворотнім закручуванням*

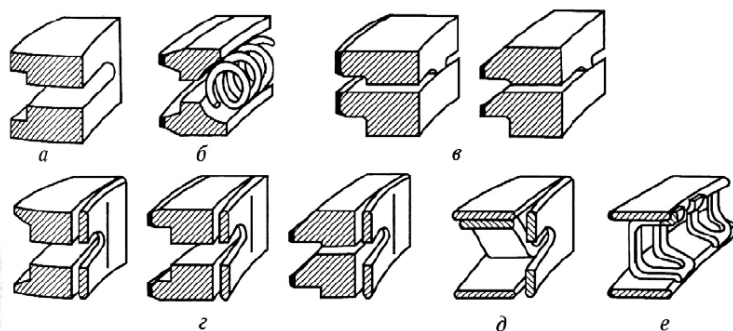
Маслознімні кільця видаляють надлишки масла, підтримуючи при цьому необхідну товщину масляної плівки на стінці циліндра, що дозволяє зменшити спрацювання деталей циліндро-поршневої групи. Основні типи маслознімних кілець зображено на рис. 1.9.

Для встановлення кілець у канавки поршня їх виконують розрізними, місце де виконаний розріз кільця називають замком.

За формою замки можуть бути прямими, косими або ступінчастими. В автотракторних двигунах частіше застосовують кільця з прямим замком.

Для якісного виконання кільцями своїх функцій використовують комбінацію різних типів як компресійних, так і маслознімних кілець.

Як правило, двигуни обладнують одним маслознімним кільцем, рідше двома. Друге маслознімне кільце зазвичай розташовується нижче від поршневого пальця - на юбці поршня.



*Рис. 1.9. Конструктивне виконання маслознімних кілець :
а – коробчастого типу без розширювача; б – коробчастого типу з пружинним розширювачем; в – два скребкових кільця; г – коробчастого типу з радіальним розширювачем; д – з радіальним та осевим розширювачем; е – з тангенційним розширювачем.*

Поршневий палець (рис.1.10) призначений для шарнірного з'єднання поршня із шатуном і виготовляється у вигляді пустотілої трубки.

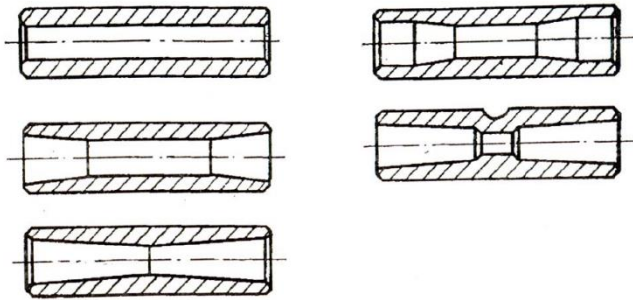


Рис. 1.10. Конструктивне виконання поршневих пальців

У залежності від способу кріплення розрізняють два типи встановлення поршневих пальців – жорстке або плаваюче.

Перевагою пальців плаваючого типу є рівномірне спрацювання їх та зручність монтажу. Від осевого зсуву такий палець фіксується стопорними кільцями, що вставляються у виточки обох бобишок.

Пальці виготовляють з легованої та вуглецевої сталі, яку загартовано струмами високої частоти.

Для підвищення жорсткості внутрішній отвір пальця роблять змінного перерізу, а для збільшення зносостійкості зовнішню поверхню пальця цементують або загартовують струмом високої частоти. Зовнішню поверхню пальця ретельно шліфують і полірують.

Шатун (рис. 1.11), передає зусилля від поршня до колінчастого валу під час робочого ходу, при допоміжних тактах – у зворотному напрямку. Шатун складається з поршневої (верхньої) головки, стержня та кривошипної (нижньої) головки зі знімною кришкою.

Поршнева головка має конструктивне виконання, що визначаються типом її з'єднання з поршневим пальцем (плаваючим або жорстким).

Плаваючий палець встановлюється у верхню головку шатуна, яка має тонкостінну бронзову втулку.

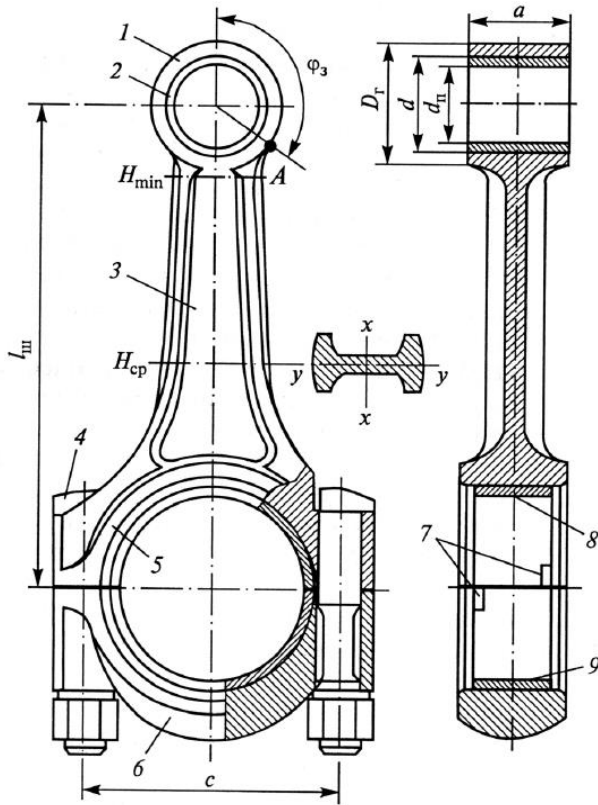


Рис. 1.11. Конструкція шатуна:

1 – верхня головка, 2 – бронзова втулка, 3 – стержень, 4 – шатунний болт, 5 – нижня головка, 6 – знімна кришка, 7 – вусики, 8 – верхній вкладиш, 9 – нижній вкладиш.

Палець з жорстким встановленням фіксують за допомогою гарантованого температурного натягу під час збирання.

Для забезпечення високої жорсткості стержень шатуна виконують двотаврового поперечного перерізу, який симетричний відносно поздовжньої осі кривошипної головки. Для підведення масла від кривошипної головки до поршневої у деяких шатунах може бути виконано канал у його стержні.

Кривошипну головку, як правило, виконують рознімною.

Найбільш поширені шатуни з прямим розніманням, у якого площина розрізу перпендикулярна осі стержня.

Якщо діаметр шатунної шийки більше, ніж діаметр циліндра (як правило, у дизелів), для забезпечення можливості монтажу рознімання роблять косим під кутом. У такому випадку кришки фіксують від зсуву. В деяких конструкціях шатунів у верхній частині кривошипної головки, виконується отвір для впорскування масла на поверхню дзеркала циліндра.

До групи колінчастого валу входять: колінчастий вал з противагами, маховик, елементи приводу ГРМ та інших механізмів.

Колінчастий вал сприймає зусилля тиску газів від поршнів, та сили інерції шатунно-поршневої групи та складається з корінних, шатунних шийок, щок, противаг, хвостовика (фланець) для кріплення маховика, носка для кріплення елементів приводу ГРМ (шестерні, шків або зірочки) та додаткових елементів (рис. 1.12).

Кривошип формується з двох корінних шийок, шатунної шийки та щок, які їх з'єднують. Радіусом кривошипа називається відстань між осями корінної та шатунної шийки.

Колінчасті вали можуть бути повноопорними та неповноопорними, як монолітними, так і збірними. Найбільш поширені монолітні повноопорні вали.

Для зменшення маси валу і підводу масла до підшипників усередині шийок та щок виконують систему каналів, порожнин та отворів.

В основному у сучасних ДВЗ використовують підшипники ковзання, у важких ДВЗ можуть використовуватися й підшипники кочення (у якості корінних, при цьому колінчастий вал є зірної конструкції).

У якості корінних і шатунних підшипників ковзання використовують рознімні тонкостінні вкладиші.

Вкладиші виготовляють зі сталеві стрічки з нанесенням шару антифрикційного сплаву. В якості останнього можуть використовуватися алюмінієві сплави з вмістом олова, свинцю, кремнію, алюмінієві сплави з кадмієм та нікелем, алюмінієві сплави з цинком та свинцем, свинцево-олов'янисті бронзи.

У якості основного покриття виступає олов'янисто-свинцеві

сплави (бабіти), який наноситься на антифрикційний сплав через підшар нікелю. Іноді поверх бабіту для прискорення припрацювання наносять шар олова.

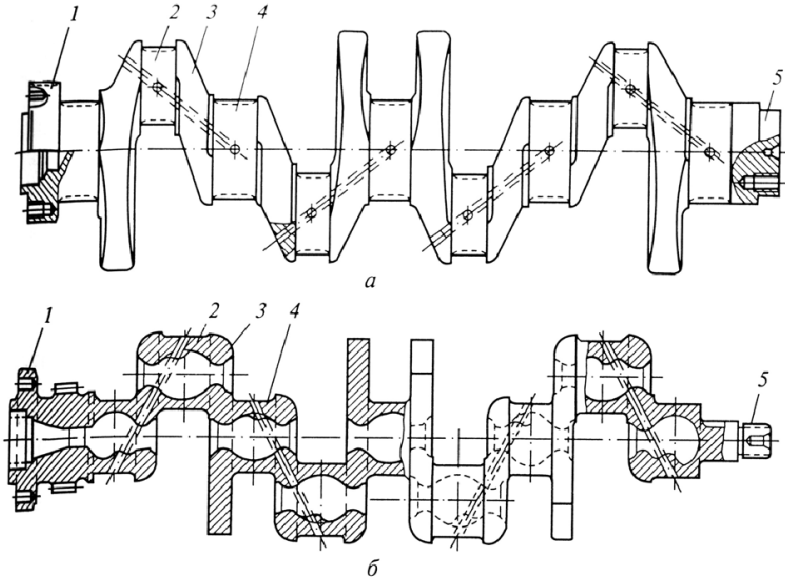


Рис. 1.12. Колінчасті вали:

а – сталевий, *б* – чавунний, 1 – хвостовик, 2 – шатунна шийка, 3 – щока, 4 – корінна шийка, 5 – носок.

На корінних вкладишах для забезпечення змащення виконують канавки.

Для того, щоб вкладиші не провертались у опорах, на їх зовнішній поверхні виконують замки (вусики).

Маховик за рахунок накопичення кінетичної енергії зменшує нерівномірності обертання колінчастого валу та передає крутний момент до трансмісії. На обід маховика зазвичай напресовують сталевий зубчастий вінець, призначений для провертання колінчастого валу стартером під час запуску двигуна.

У сучасних ДВЗ достатньо широко використовуються двомасові маховики, які додатково виконують і функцію

демпфера крутильних коливань.

Порядок виконання практичної роботи

1. Використовуючи плакати, макети, деталі, ознайомитись із загальною будовою КШМ ДВЗ.
2. Оглянути деталі КШМ, вивчити їх конструкцію, визначити спосіб встановлення основних складових КШМ на двигуні.
3. Вивчити конструкцію рухомих та нерухомих деталей КШМ, визначити особливості їх будови.
4. Описати основні техніко-експлуатаційні показники деталей КШМ (встановити тип КШМ, навести параметри блоку-циліндрів, головки блоку-циліндрів, картера, поршневої та шатунної групи, описати конструкцію колінчастого валу, маховика, тощо).
5. Проаналізувати й оцінити конструкцію, зробити висновки про відповідність КШМ сучасним вимогам до ДВЗ.
6. Відповісти на контрольні питання.
7. Скласти звіт про роботу.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення КШМ?
2. З яких деталей складається КШМ?
3. Які деталі двигуна належать до корпусних?
4. Які існують типи КШМ двигуна?
5. Які існують типи гільз циліндрів?
6. Яким чином забезпечується ущільнення посадкових місць гільз циліндрів у блоці?
7. Які особливості будови циліндра в двигуні повітряного охолодження?
8. Яке призначення поршневих кілець?
9. Як утримуються від повертання корінні та шатунні вкладиші?
10. Яким чином обмежується осьове переміщення колінчастого валу?
11. Яким чином очищається масло в порожнинах шатунних шийок колінчастого валу?

Практична робота №2

Тема: Газорозподільний механізм ДВЗ

Мета роботи: розширити, поглибити і закріпити теоретичні знання щодо конструкції, принципу дії, особливості складових елементів газорозподільного механізму ДВЗ.

1. Загальні відомості

Газорозподільний механізм (ГРМ) – визначає характер сполучення циліндра двигуна з навколишнім середовищем та забезпечує періодичну зміну робочого тіла під час реалізації дійсного циклу ДВЗ. Зміна робочого тіла передбачає наповнення циліндра свіжим зарядом та його очищення від продуктів згоряння.

Для здійснення процесу газообміну у двигунах, які працюють за чотиритактним робочим циклом використовується клапанний механізм, як на впускних, так і на випускних системах.

Для двотактних двигунів характерним є застосування механізму газорозподілу золотникового типу де роль золотника виконує сам поршень, який своїм тілом відкриває та закриває прохідні вікна у циліндрі. Даний тип механізму використовується в автотракторному двигунобудуванні на двигунах систем запуску ДВЗ.

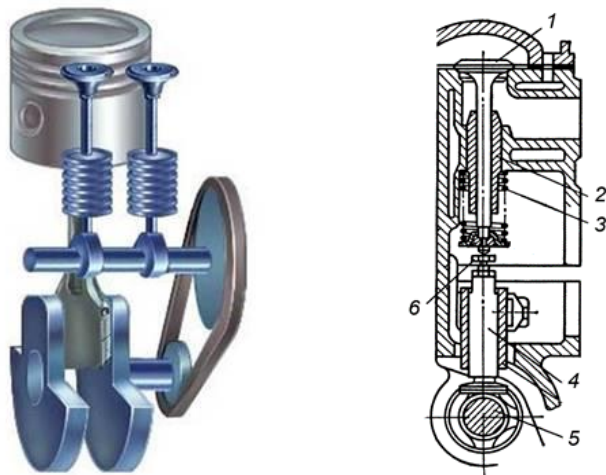
Конструктивну схему клапанних механізмів визначають кількість та відносне розташування клапанів і розподільчих валів, а також вид приводу, який використовується.

З нижнім розташуванням клапани розміщені в блоці циліндрів (рис. 2.1). У разі верхнього розташування, як це використовується в сучасних автотракторних двигунах клапани встановлюються у головці блоку циліндрів (рис. 2.2).

Характер переміщення клапанів, а також час їх відкриття визначаються профілем кулачків. Задана послідовність відкриття клапанів встановлюється у відповідності до порядку роботи циліндрів двигуна та забезпечується певним розміщенням кулачків на розподільному валу.

Форсування ДВЗ за обертами стає можливим за рахунок

верхнього розташування розподільних валів в головці блока циліндрів (рис. 2.3). При цьому виключається використання деяких елементів механізму відкриття клапанів, а привід розподільного валу здійснюється ланцюгом або зубчастим пасом.



*Рис. 2.1. ГРМ з нижнім розташуванням клапанів:
1 – клапан; 2 – напрямна втулка; 3 – пружина; 4 – штовхач; 5 –
кулачок розподільного валу; 6 – регулювальний гвинт*

Деякі фірми (Cummins, BMW, John Deere та ін.) використовують на окремих моделях три-, чотири- і п'ятиклапанну схему. Конструкція з трьома клапанами передбачає два впускних і один випускний клапани; чотириклапанна – два впускних і два випускних клапани; п'ятиклапанна – три впускних і два випускних клапани.

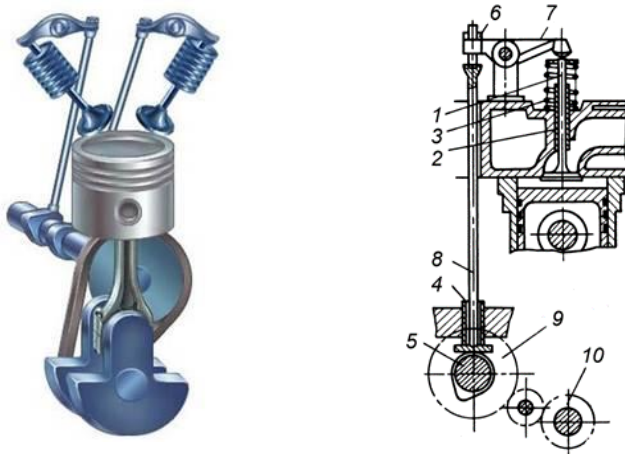


Рис. 2.2. ГРМ з верхнім розташуванням клапанів:

1 – клапан; 2 – напрямна втулка; 3 – пружина; 4 – штовхач; 5 – кулачок розподільного валу; 6 – регулювальний гвинт; 7 – натискний важіль (коромисло); 8 – штанга; 9 – шестерня розподільного валу; 10 – шестерня колінчастого валу

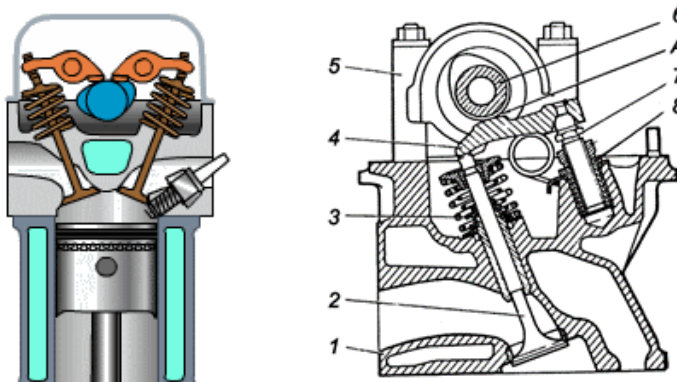


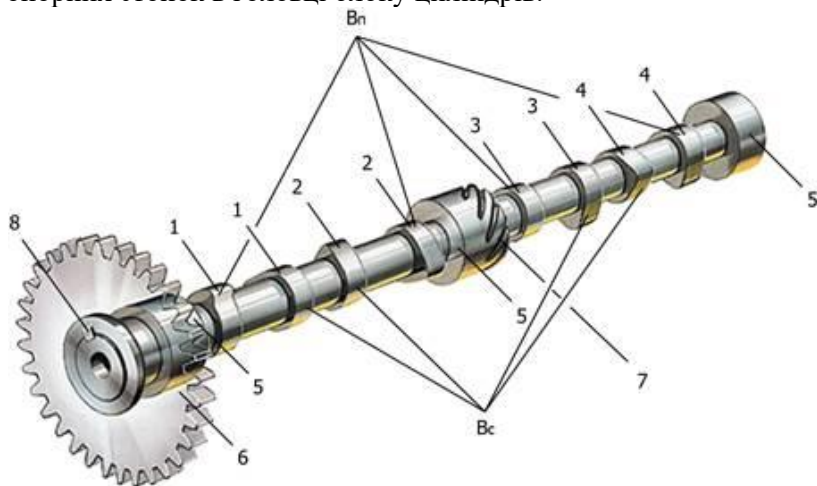
Рис. 2.3. ГРМ з верхнім розташуванням розподільних валів:

1 – головка циліндрів; 2 – клапан; 3 – ущільнюючий ковпачок; 4 – одноплечий важіль клапана (рокер); 5 – корпус опор розподільного валу; 6 – розподільний вал; 7 – регулювальний гвинт; 8 – контргайка; А – тепловий зазор між важелем і кулачком розподільного валу

Розподільний вал призначений для керування клапанами за допомогою кулачків, які розташовані на ньому. Він складається з кулачків 1, 2, 3, 4 і опорних шийок 5 (рис. 2.4). У ДВЗ з примусовим запалюванням він може також використовуватися для привода деяких агрегатів двигуна.

В двигунах з двома валами на ряд циліндрів найчастіше один вал керує впускними клапанами, другий – випускними. При цьому наявність двох валів не завжди означає багатоклапанну конструкцію – клапанів може бути два на циліндр. Так само і три або чотири клапани можуть приводитися тільки одним розподільним валом.

При нижньому розташуванні розподільного валу підшипниками служать нерознімні біметалічні, алюмінієві або металокерамічні втулки, що запресовані у картер чи блок циліндрів. В двигунах з верхнім розташуванням використовують різні підшипники, які зазвичай виконані безпосередньо у тілі опорних стійок в головці блоку циліндрів.



*Рис. 2.4. Розподільний вал чотирициліндрового двигуна:
1, 2, 3, 4 – кулачки (Вп – впускні, Вс – випускні); 5 – опори; 6 –
шестерня приводу розподільного валу; 7 – шестерня приводу
масляного насосу; 8 – шпонка*

Внаслідок нагрівання, під час роботи двигуна, деталі ГРМ розширюються, що призводить до нещільного закриття клапанів. Для запобігання цьому у приводі передбачають тепловий зазор, який доводиться регулювати в процесі експлуатації ДВЗ. В двигунах, які обладнані гідравлічними компенсаторами тепловий зазору відсутній.

Клапанний вузол включає клапан, пружину, елементи кріплення клапана та пружини, напрямну втулку, сідло клапана (рис. 2.5).

Клапани забезпечують з'єднання циліндра з впускним та випускним трактом у процесі газообміну та надійну герметизацію камери згоряння у процесі стискання та розширення. Клапан складається з головки (тарілки) та стержня. Діаметр головки впускного клапана часто роблять більше, ніж випускного.

Робоча поверхня головки клапана (фаска) зазвичай має кут 45° , іноді цей кут дорівнює (у впускних клапанів) 30° . Фаску головки клапана ретельно обробляють і притирають до сідла.

Пружини клапанів призначені для утримання клапана у закритому положенні у тактах стискання та розширення, а також для забезпечення безперебійного кінематичного зв'язку системи «кулачок – клапан» при переміщенні останнього.

Напрямна втулка забезпечує зворотно-поступальне переміщення клапана та відведення теплоти від його стержня.

Клапан з пружиною кріпляться опорною тарілкою та двома розрізними сухарями (рис. 2.5, *д*). Для установки сухарів у верхній частині стержня клапана виконують виточки відповідної форми.

Сідло клапана (рис. 2.5, *ж-л*) призначено для підвищення довговічності зони контакту клапана з головкою циліндра.

У разі нижнього розміщення розподільний вал має шестеренчастий привід. Дана конструкція відзначається простою будовою та високою експлуатаційною надійністю (спрацювання шестерень практично не впливає на привод механізму).

Для правильної фіксації розподільного валу відносно колінчастого (це необхідно для дотримання фаз газорозподілу),

приводні шестерні (крім проміжних) закріплюються на своїх валах в потрібному положенні та фіксуються шпонками або штифтами.

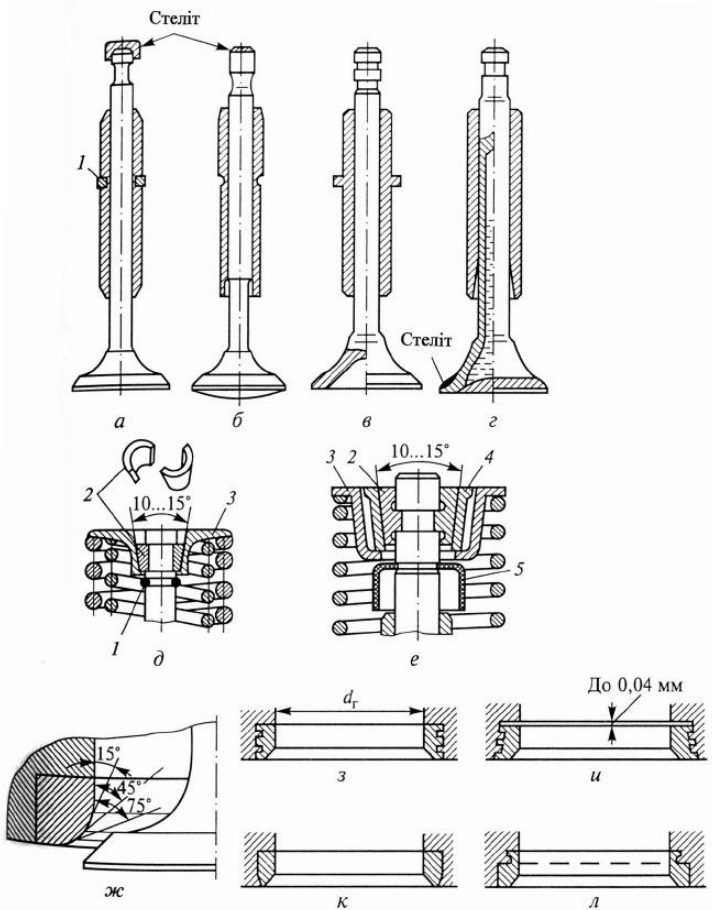


Рис. 2.5. Елементи клапанного механізму:

а-г – клапани, *д-е* – деталі кріплення тарілки пружини клапана; *ж-л* – сідла клапанів; *1* – пружинне стопорне кільце; *2* – сухарі; *3* – опорна тарілка; *4* – втулка; *5* – маслознімний ковпачок

У разі верхнього розміщення розподільний вал приводиться в дію ланцюгом або зубчастим пасом. Встановлення розподільного валу в такому виконанні приводу також здійснюють за мітками, що є на зірочках чи шківках та на відповідних деталях блока й головки циліндрів.

Конструкція приводу передбачає також використання пристроїв, що дають змогу в процесі експлуатації або під час технічного огляду забезпечувати відповідний натяг ланцюга чи паса.

2. Порядок виконання практичної роботи

1. Використовуючи плакати, макети, деталі, ознайомитись із загальною будовою газорозподільного механізму ДВЗ.

2. Оглянути деталі ГРМ, вивчити їх конструкцію, визначити спосіб встановлення клапанів та розподільчих валів на двигуні.

3. Описати основні техніко-експлуатаційні показники деталей ГРМ (встановити тип приводу, навести параметри клапанного вузла, описати конструкцію розподільчого валу, тощо).

4. Проаналізувати й оцінити конструкцію, зробити висновки про відповідність ГРМ сучасним вимогам до ДВЗ.

5. Відповісти на контрольні питання.

6. Скласти звіт про роботу.

Питання для самоконтролю

1. Призначення та види газорозподільного механізму?

2. За якими ознаками класифікуються газорозподільні механізми клапанного типу?

3. Яке передатне число приводу розподільного валу в чотиритактних двигунах? Чим це пояснюється?

4. Доцільність в клапанному механізмі теплового зазору та наслідки порушення його нормального значення?

5. Що розуміють під «фазами газорозподілу»?

6. Чому плечі коромисла виконуються неоднакової довжини?

Практична робота №3

Тема: Системи мащення та охолодження ДВЗ

Мета роботи: розширити, поглибити і закріпити теоретичні знання щодо конструкції, принципу дії, особливості складових елементів систем мащення та охолодження ДВЗ.

1. Загальні відомості

Система мащення ДВЗ забезпечує працездатність двигунів шляхом зниження тертя між рухомими деталями двигуна. Окрім виконання основної функції, система мащення забезпечує відведення тепла від поверхонь тертя, винос продуктів зношення з зон тертя та видалення їх з масла, а також захист металевих поверхонь від корозії та охолодження поршнів у форсованих ДВЗ.

Система мащення двигуна (рис. 3.1) включає піддон картера двигуна з маслозабірником 1, масляний фільтр 7, масляний насос 11, масляний радіатор 3, які з'єднані між собою магістралями і каналами.

Піддон картера двигуна призначений для зберігання масла. Рівень масла в піддоні контролюється за допомогою щупа, а також за допомогою датчика рівня масла.

Маслозабірник встановлюється у піддоні картера двигуна та має металевий сітчастий фільтр для попередження попадання відносно великих часток продуктів зношення.

Масляний насос призначений для подачі масла під необхідним тиском в систему. Масляний насос приводиться в дію від колінчастого валу двигуна, розподільного валу або додаткового приводного валу. Найбільше застосування на двигунах знайшли масляні насоси шестеренного типу.

Шестеренні насоси мають просту конструкцію і добре компонується в одному корпусі, що дозволяє утворити багатосекційні насоси.

Приклад шестеренного насосу з шестернями зовнішнього зачеплення та схему його роботи зображено на рис. 3.2.

Основною перевагою шестеренних насосів з шестернями внутрішнього зачеплення (рис.3.3) є компактність, яка забезпечується зменшеною висотою шестерень та збільшенням числа зубів та частоти обертання. Такі насоси часто встановлюють на передній кришці колінчастого валу. При цьому ведуча шестерня встановлюється безпосередньо на колінчастому валу. Це не вимагає додаткових елементів приводу та обумовлює їх широке застосування.

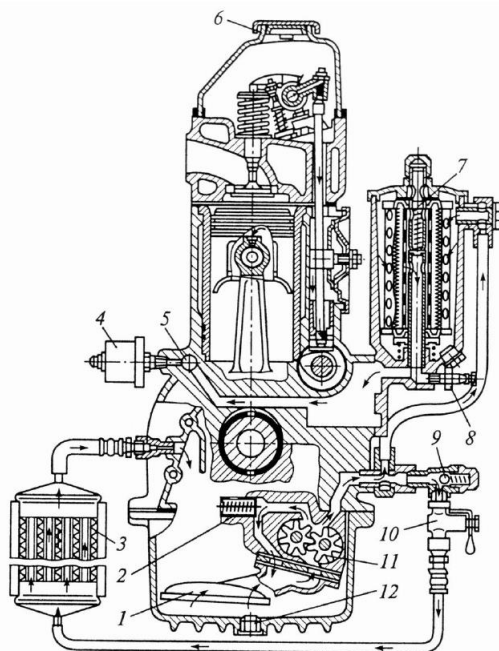


Рис. 3.1. Принципова схема системи мащення:

*1 – маслоприймач; 2 – редуційний клапан; 3 – масляний радіатор;
4 – датчик показника тиску масла; 5 – головна масляна магістраль;
6 – заливна горловина; 7 – масляний фільтр; 8 – датчик аварійного тиску масла;
9 – запобіжний клапан; 10 – кран; 11 – масляний насос;
12 – масляний піддон зі зливною горловиною*

У деяких ДВЗ система мащення складається з двох контурів: перший подає масло до поверхонь тертя, другий – до фільтра

тонкої очистки та масляного радіатора. У таких випадках встановлюються двосекційні масляні насоси, що складаються з двох або трьох пар шестерень. Існують конструкції з двосекційними насосами, у яких друга секція включається у роботу у залежності від режиму ДВЗ.

Шестеренні масляні насоси відносяться до насосів об'ємного типу, у яких подача прямо пропорційна частоті обертання шестерень. Крім того, для забезпечення якісного змащення при будь-якому режимі роботи двигуна, величину подачі насосів проєктують з великим запасом. Для обмеження величини подачі у насосі встановлюють редукційний клапан, який обмежує максимальний тиск шляхом перепускання частини масла з виходу насоса на вхід.

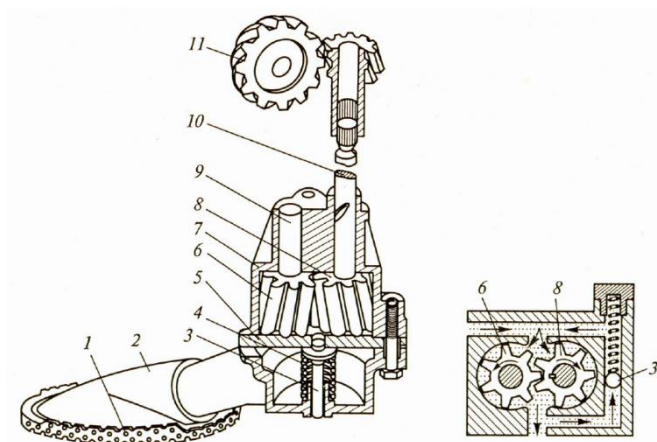


Рис. 3.2. Масляний насос з шестернями зовнішнього зачеплення:

1 – сітчастий фільтр маслозабірника; 2 – патрубок; 3 – редукційний клапан; 4 – пружина клапана; 5 – кришка; 6, 8 – шестерні; 7 – корпус; 9 – вісь; 10 – вал приводу; 11 – шестерня приводу

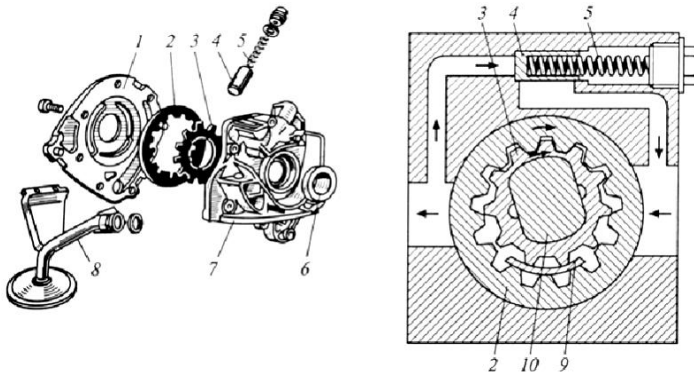


Рис. 3.3. Масляний насос з шестернями внутрішнього зачеплення:

*1 – корпус; 2 – зовнішня шестерня; 3 – внутрішня шестерня;
4 – редукційний клапан; 5 – пружина; 6 – манжета, 7 – кришка;
8 – маслозабірник; 9 – виступ; 10 – вал приводу*

Масляний фільтр служить для очищення масла від продуктів зносу і нагару. Очищення масла відбувається за допомогою фільтруючого елемента, який замінюється разом із заміною масла.

Існують варіанти встановлення двох фільтрів на двигун. Тоді перший фільтр є фільтром грубого очищення, через який здійснюється подача масла в основний контур системи, другий (неповнопоточний фільтр) тонкого очищення забезпечує ретельне очищення масла, яке циркулює через допоміжний контур. При встановленні одного фільтра (повнопоточного) його встановлюють у основний контур після насоса.

Для змащування двигунів застосовують оливи мінерального (зараз рідше), напівсинтетичного і синтетичного походження.

З метою підвищення якості оливи до неї додають спеціальні присадки (спеціальні хімічні сполуки), які підвищують її змащувальну здатність, роблять більш стабільною її в'язкість, знижують температуру застигання, зменшують окислювальну дію. Присадки в оливі сприяють також вимиванню смолистих накопичень із зазорів деталей, що труться, та ін.

Залежно від пори року і кліматичних умов для змащування двигуна слід застосовувати оливи різної в'язкості. Взимку в'язкість має бути меншою, оскільки олива з великою в'язкістю за низької температури загусне і в холодному двигуні буде важко потрапляти в зони тертя.

Влітку в'язкість оливи має бути більшою, оскільки олива з малою в'язкістю за підвищеної температури стає ще більш рідкою і не забезпечує нормального змащування двигуна. Однак нині широко використовуються всесезонні моторні оливи.

Система охолодження ДВЗ виконує одну з найважливіших функцій у двигуні, а саме забезпечує його оптимальний тепловий режим роботи шляхом відведення частини тепла від нагрітих деталей до навколишнього середовища.

Сучасні автотракторні двигуни обладнуються рідинною або повітряною системами охолодження.

Оптимальний тепловий режим ДВЗ забезпечується при температурі охолоджуваної рідини $80...100^{\circ}\text{C}$, та температура масла у системі змащення для двигунів з повітряним охолодженням $70...110^{\circ}\text{C}$ на усіх режимах роботи.

Порівняно з повітряною, рідинна система охолодження (рис.3.4) більш ефективна, менш шумна, забезпечує меншу середню температуру деталей ДВЗ, краще наповнення циліндрів та полегшений запуск при низьких температурах.

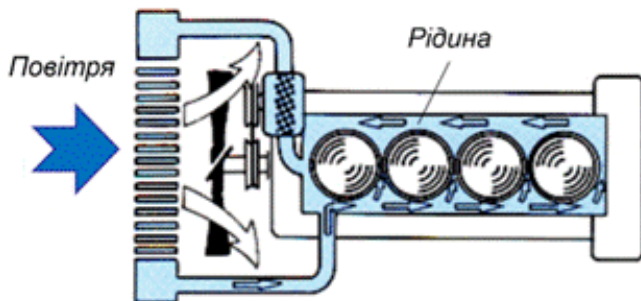


Рис. 3.4. Схема рідинної системи охолодження ДВЗ

Принцип роботи системи повітряного охолодження (рис. 3.5)

ґрунтується на відведенні тепла від деталей двигуна як результат обдування циліндрів і головки повітрям.

Повітряна система охолодження зменшує час прогріву двигуна, зручна в експлуатації та обслуговуванні. До її недоліків відносяться шум при роботі, більша складність виробництва та суворіші вимоги до паливно-мастильних матеріалів. З цих причин найбільше поширення отримали рідинні системи охолодження.

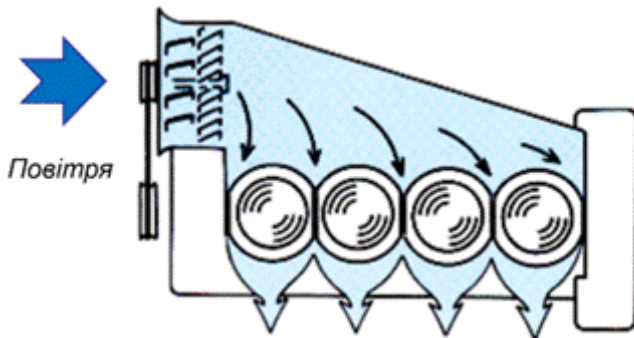


Рис. 3.5. Схема повітряної системи охолодження ДВЗ

При рідинному охолодженні тепло від стінок і головок циліндрів передається рідині. Нагріта в такий спосіб рідина надходить у радіатор, що продувається повітрям, де теплота від рідини передається повітряю.

Замкнута примусова система (рис.3.6) є найбільш розповсюдженою системою рідинного охолодження. У цій системі циркуляція рідини створюється насосом, що подає її в сорочку охолодження блоку циліндрів, з блоку нагріта рідина надходить у головку циліндрів і далі в радіатор. Після охолодження в радіаторі рідина повертається до насоса. Систему охолодження зазвичай з'єднують з атмосферою через спеціальний клапан. Така система називається закритою, тому що в ній створюється тиск вище атмосферного, температура кипіння рідини в ній відповідно підвищується. Система охолодження, яка поєднана з атмосферою називається відкритою.

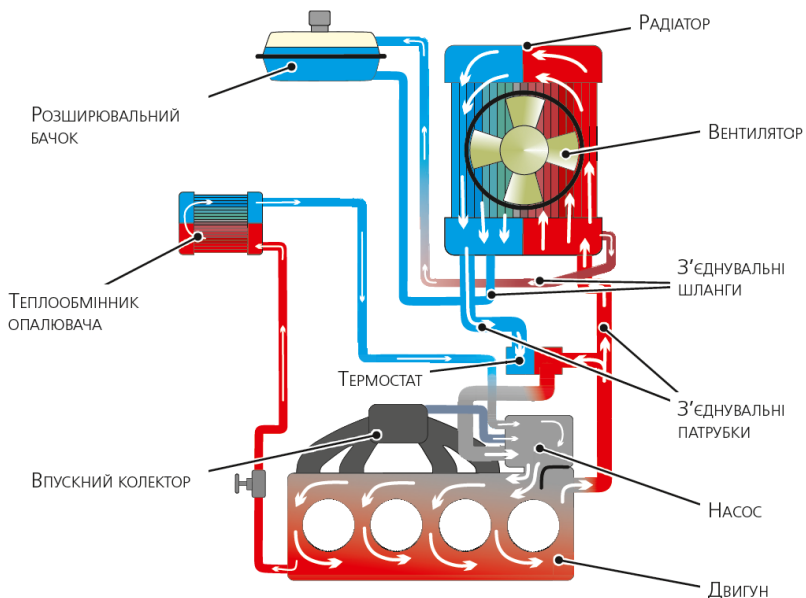


Рис. 3.6. Схема примусової системи рідинного охолодження ДВЗ

Регулювання температури охолоджувальної рідини здійснюється зміною масової витрати гарячого та холодного теплоносіїв, які циркулюють у рідинному і повітряному трактах системи. У рідинному тракті роль регуляторів виконують термостат та рідинний насос. Витрата повітря, яке проходить через додатковий теплообмінник залежить від продуктивності вентилятора та від його аеродинамічного опору.

Рідинний насос (помпа) (рис.3.7) забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини системою. У якості насосів звичайно застосовують лопатеві відцентрові насоси, що приводяться в обертання від колінчастого валу. За конструкцією вони прості, надійні в роботі і не порушують термосифонну циркуляцію рідини, коли не працюють.

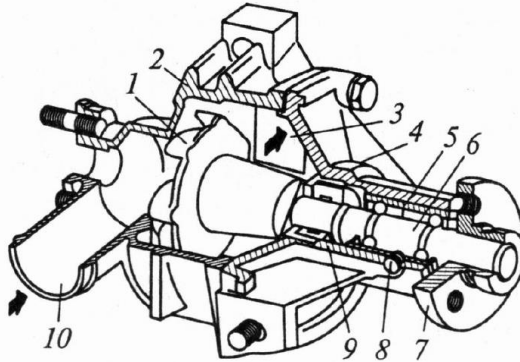


Рис. 3.7. Насос системи охолодження ДВЗ:

1 – крильчатка; 2 – корпус; 3 – вікно; 4 – кришка; 5 – підшипник; 6 – вал; 7 – маточина; 8 – гвинт; 9 – уцільнення; 10 – вхідний патрубок

Насос складається з корпусу 2, вхідного 10 та відповідного патрубків, приводного валу 6 з маточиною 7 і крильчаткою 1.

Маточина приводиться в рух від колінчастого валу та обертає вал з крильчаткою, яка жорстко закріплена на ньому. Під час обертання крильчатки рідина, що міститься між її лопатями, викидається відцентровою силою в порожнину нагнітання.

Вентилятор призначений для створення повітряного потоку, що обдуває трубки радіатора. Подача повітря вентилятором залежить від частоти обертання крильчатки, кількості лопатей, їхніх розмірів і профілю. Вентилятор радіатора може мати різний привод: механічний, гідромеханічний, електричний.

Радіатор являється додатковим теплообмінником і забезпечує передачу надлишкової кількості теплоти від двигуна до навколишнього середовища. Від складається з двох бачків та серцевини. Серцевина являє собою ряд латунних або алюмінієвих трубок, якими циркулює рідина. На трубках кріпляться пластини або стрічки, що підвищують площу контакту з потоком повітря, який проходить через радіатор.

Термостат (рис. 3.8) являється основним елементом системи охолодження, який відповідає за забезпечення оптимального теплового режиму роботи двигуна.

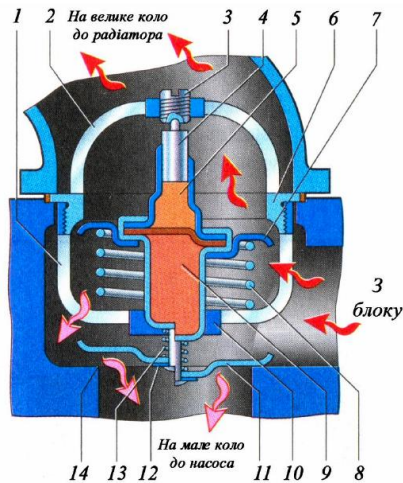


Рис. 3.8. Термостат системи охолодження ДВЗ з твердим наповнювачем

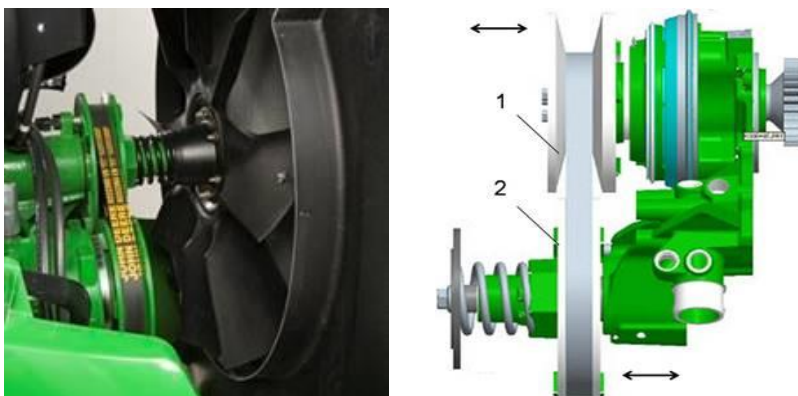
1 – нижня рамка; 2 – верхня рамка; 3 – регулювальний гвинт; 4 – шток; 5 – гумова буфер-мембрана; 6 – сідло основного клапана; 7 – основний клапан; 8 – пружина; 9 – капсула; 10 – напрямне кільце; 11 – перепускний клапан; 12 – пружне кільце; 13 – віджимна пружина; 14 – сідло перепускного клапана

Система охолодження двигуна влаштована так, що має мале та велике кола обігу охолоджувальної рідини. Коли клапан термостата закритий, охолоджувальна рідина за допомогою рідинного насоса циркулює тільки в межах головки та блока циліндрів. Таким чином вона швидко прогривається (мале коло). У міру прогрівання охолоджувальної рідини, зокрема й самого двигуна, починає відкриватися клапан термостата, даючи можливість при цьому рухатися охолоджувальній рідині через радіатор по великому колу. Тож термостат, змінюючи кількість рідини, що проходить через радіатор, напряму керує тепловим станом ДВЗ.

За типом робочого тіла розрізняють термостати з твердим наповнювачем (церезином (кристалічним воском) з мідними обпилюваннями) та з рідким наповнювачем (сумішшю

дистильованої води та етилового спирту – етиленгліколем).

Компанія John Deere для забезпечення оптимального теплового режиму роботи двигуна почала встановлювати систему охолодження Vari-Cool (рис. 3.9) з клинопасовим гідравлічним варіатором приводу вентилятора замість системи з віскомуфтою. Вентилятор починає обертатися тільки тоді, коли температура охолоджувальної рідини досягне встановленого значення.



*Рис. 3.9. Система охолодження Vari-Cool з варіатором:
1 – гідравлічний ведучий шків; 2 – механічний ведений шків*

Дана система охолодження включає варіатор з гідравлічним ведучим шківом та механічним веденим шківом, на останньому безпосередньо закріплений вентилятор для забезпечення необхідного потоку повітря, що проходить через радіатор.

Електронний блок керування двигуном аналізує сигнали датчиків від двигуна автоматично змінює передатне число пасової передачі через співвідношення діаметрів шківів для зміни швидкості обертання вентилятора.

За часткового зниження температури охолоджувальної рідини система Vari-Cool працює в зворотному порядку.

Довговічність функціонування рідинної системи охолодження залежить від якостей охолоджувальної рідини, яка повинна бути достатньо теплоємкою, мати високу температуру кипіння та

низьку температуру замерзання, не утворювати накипу, не викликати корозії металевих деталей, не пошкоджувати гумові та пластикові елементи, бути безпечною для людини, дешевою та поширеною в природі.

Вода має хороші властивості (висока питома теплоємність та коефіцієнт теплопередачі) для застосування в якості охолоджуваної рідини, однак потребує попередньої обробки (пом'якшенню, фільтрації, дистиляції). До її недоліків необхідно віднести низьку температуру кипіння (100°C при нормальних умовах), висока температура застигання (0°C), корозійні властивості, схильність до утворення накипу та відкладень).

Завдяки низькій температурі замерзання (до -65°C) широкого використання у транспортних двигунах в якості охолоджувальної рідини набули антифризи. Використання антифризів запобігає руйнуванню вузлів двигуна при низьких температурах, але вимагає ряду заходів безпеки.

Антифризи (англ. Antifreeze незамерзаючий) являють собою суміші води з двоатомними спиртами – етиленгліколі або (рідше) пропиленгліколі, з додаванням комплексу присадок стабілізації, проти корозії та піноутворення.

Використання антифризів у системі охолодження дає такі переваги: низька температура застигання і висока температура кипіння, високий рівень в'язкості, рідина не горюча, з достатньо високою теплоємністю і теплопровідністю.

2. Порядок виконання практичної роботи

1. Використовуючи плакати, макети, деталі, ознайомитись із загальною будовою систем мащення та охолодження ДВЗ.

2. Оглянути складові систем мащення та охолодження, вивчити їх конструкцію, визначити їх місце встановлення на двигуні.

3. Описати основні техніко-експлуатаційні показники деталей систем мащення та охолодження (встановити тип системи, вид приводу насосу, описати конструкцію радіатора термостата, масляного насосу та рідинної помпи тощо).

4. Проаналізувати й оцінити конструкцію, зробити висновки про відповідність систем мащення та охолодження сучасним

вимогам до ДВЗ.

5. Відповісти на контрольні питання.
6. Скласти звіт про роботу.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення має система мащення?
2. Назвіть складові частини та елементи системи мащення.
3. Призначення, принцип дії та будова масляного насоса та масляних фільтрів.
4. Поясніть принцип очищення масла у центрифугі.
5. Які масла використовують для мащення двигунів?
6. Яке призначення має система охолодження автотракторних двигунів?
7. З яких вузлів і приладів складається рідинна система охолодження з примусовою циркуляцією рідини?
8. Призначення та будова радіатора та термостату.
9. Призначення та будова рідинного насосу.

Практична робота №4

Тема: Система живлення бензинових ДВЗ

Мета роботи: розширити, поглибити і закріпити теоретичні знання щодо конструкції, принципу дії, особливості складових елементів системи живлення бензинових ДВЗ.

1. Загальні відомості

Система живлення бензинових ДВЗ забезпечує приготування паливної суміші відповідного складу, подачі її в циліндри двигуна та відведення відпрацьованих газів. Також до функцій системи живлення входить зберігання запасу палива, подача у циліндр компонентів суміші, регулювання складу й кількості суміші відповідно до режиму роботи двигуна.

У сучасних бензинових ДВЗ паливо впорскується під тиском форсунками у потік повітря, що рухається впускним трактом (зовнішнє сумішоутворення), або безпосередньо в циліндри (внутрішнє сумішоутворення).

У системах з впорскуванням легкого палива (рис. 4.1) менший опір впускного тракту, краща рівномірність розподілу палива по циліндрах та його подрібнення, що дозволяє отримати більш однорідну паливо-повітряну суміш.

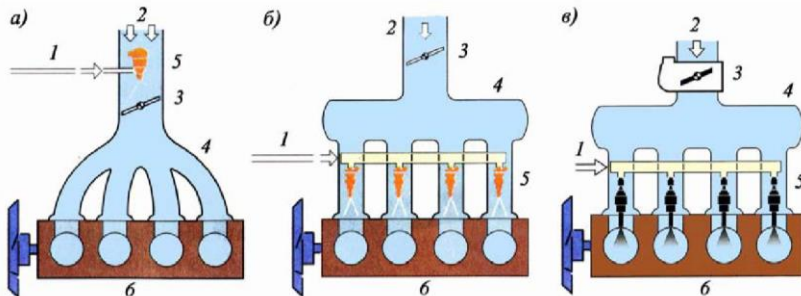


Рис. 4.1. Типи систем впорскування бензинових ДВЗ:

а – центральне; б – розподілене; в – безпосереднє; 1 – подача палива;
2 – подача повітря; 3 – дросельна заслінка; 4 – впускний трубопровід;
5 – форсунки; 6 – циліндри

Все це сприяє підвищенню літрової потужності та економічності двигуна, покращує його екологічні показники роботи.

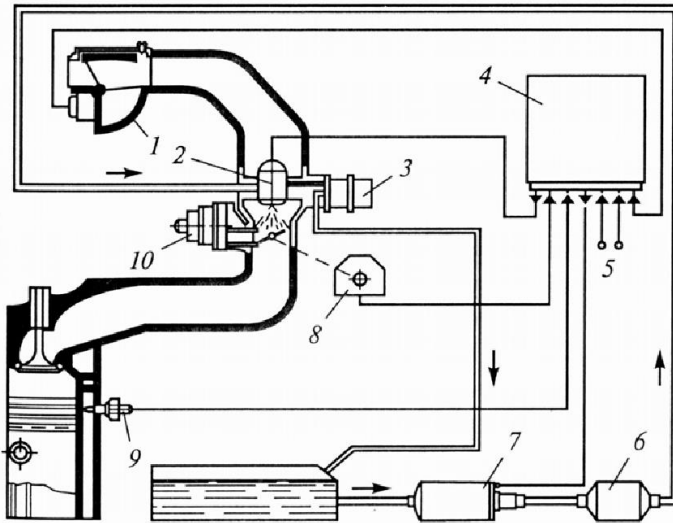
Система центрального впорскування є фактично першою системою де було запроваджено розпилення бензину форсункою під тиском. Перевагами її (порівняно з іншими системами впорскування) є простота конструкції, надійність в роботі та невелика вартість виготовлення. Недоліками є характерна нерівномірність подачі суміші за циліндрами, утворення плівки палива під час його руху впускним трактом, достатньо значний гідравлічний опір впускної системи.

Дана система (рис. 4.2) впорскує паливо однією форсункою у впускний тракт. Паливо подається до форсунки з бака за допомогою електричного насоса через фільтр під тиском 100...150 кПа. Керування форсунками здійснює електронний блок на основі сигналів від датчиків витрати повітря, положення дросельної заслінки та температури охолоджувальної рідини (та інших параметрів – частоти обертання колінчастого валу, вмісту кисню у відпрацьованих газах тощо).

Систем розподіленого впорскування (рис. 4.3) забезпечує подачу палива під тиском до електромагнітних форсунок через які воно впорскується у зону впускних клапанів. Перевагами даної системи є краща економічність двигуна та більша літрова потужність, що забезпечується через кращу якість сумішоутворення та наповнення циліндрів свіжим зарядом.

Паливо подається до форсунок з бака електричним бензонасосом через паливний фільтр у загальну паливну магістраль. Постійний тиск у магістралі підтримується регулятором. Та частина палива, яка не впорскується форсункою повертається назад у бак.

Електронний блок керування здійснює дозування палива в залежності від різних показників, а саме: витрати повітря, частоти обертання, кута повороту дросельної заслінки, кількості кисню у відпрацьованих газах.



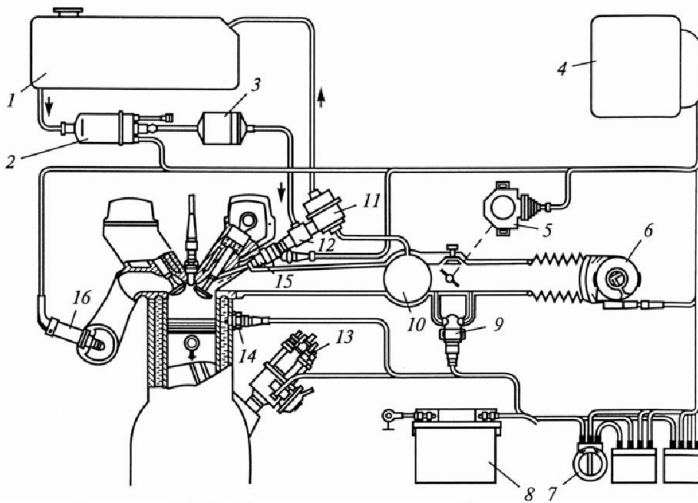
*Рис. 4.2. Схема системи центрального впорскування в ДВЗ:
 1 – витратомір повітря; 2 – форсунка; 3 – регулятор тиску палива;
 4 – електронний блок керування; 5 – акумуляторна батарея; 6 –
 фільтр; 7 – електричний бензонасос; 8 – датчик положення
 дросельної
 заслінки; 9 – датчик температури охолоджувальної рідини;
 10 – регулятор холостого ходу*

Система безпосереднього впорскування (рис. 4.4) забезпечує внутрішнє приготування паливо-повітряної суміші всередині циліндрів двигуна. Перевагами даної системи є вищі порівняно з попередніми системами економічність та екологічні показники роботи, найкращі умови для застосування наддуву. До недоліків відносяться висока вартість виготовлення системи; складні температурні умови роботи форсунок; ускладнений процес керування подачею палива.

Наведена паливна система включає контур низького тиску (паливний насос низького тиску, фільтр та паливні проводи) та контур високого тиску (паливний насос високого тиску, датчик високого тиску, паливна рампа, клапан регулювання тиску та

форсунки). Тиск палива в системі становить 5...12 МПа. У залежності від типу паливного насоса високого тиску існують системи з безперервною подачею палива або з подачею у залежності від витрати палива.

Паливні насоси створюють необхідний робочий тиск у паливній рампі форсунок безпосередньо перед моментом запуску двигуна. Забезпечити дану вимогу можуть насоси привод яких не залежить від двигуна. Він приводиться в дію електричним двигуном постійного струму від акумуляторної батареї.



*Рис. 4.3. Схема системи розподіленого впорскування в ДВЗ:
 1 – паливний бак; 2 – електричний бензонасос; 3 – фільтр; 4 – електронний блок керування; 5 – датчик положення дросельної заслінки; 6 – вимірювач витрати палива; 7 – замок запалювання; 8 – акумуляторна батарея; 9 – регулятор додаткової подачі палива; 10 – впускний тракт; 11 – регулятор тиску палива; 12 – паливна магістраль; 13 – датчик частоти обертання колінчастого валу; 14 – датчик температури; 15 – електромагнітна форсунка; 16 – кисневий датчик*

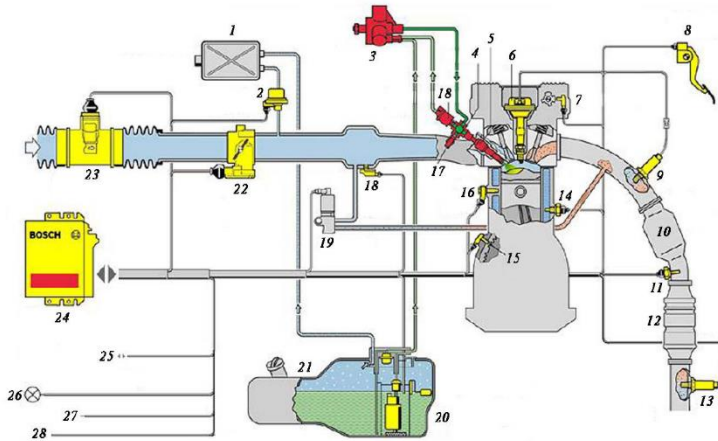


Рис. 4.4. Схема системи безпосереднього впорскування в ДВЗ:
 1 – адсорбер; 2 – клапан регенерації; 3 – насос високого тиску; 4 – паливна рампа; 5 – форсунка; 6 – котушка і свічка запалювання; 7 – датчик положення розподільного валу; 8 – модуль педалі акселератора з датчиком ходу педалі; 9 – кисневий датчик; 10 – додатковий трикомпонентний каталітичний нейтралізатор; 11 – датчик температури відпрацьованих газів; 12 – головний каталітичний нейтралізатор з накопичувачем NO_x; 13 – кисневий датчик; 14 – датчик температури охолоджувальної рідини; 15 – датчик положення колінчастого валу; 16 – датчик детонації; 17 – датчик тиску палива; 18 – датчик тиску у впускному трубопроводі; 19 – клапан рециркуляції відпрацьованих газів (EGR); 20 – паливний насос з фільтром і регулятором тиску; 21 – паливний бак; 22 – дросельний пристрій з датчиком положення заслінки; 23 – витратомір повітря; 24 – блок керування ДВЗ; 25 – під'єднання контролера зв'язку; 26 – лампа-індикатор поломок; 27 – під'єднання системи бортової діагностики; 28 – під'єднання блока керування імобілайзером

Електричний паливний насос (рис. 4.5) має єдину корпусну конструкцію електродвигуна з напірним вузол. Якір, колектор і щітки електричного паливного насоса постійно перебувають у бензині. Останній циркулюючи через електродвигун одночасно охолоджує весь вузол. Таке конструктивне виконання дозволило

застосувати підшипники ковзання для обертання якоря електродвигуна функцію мащення яких виконує бензин.

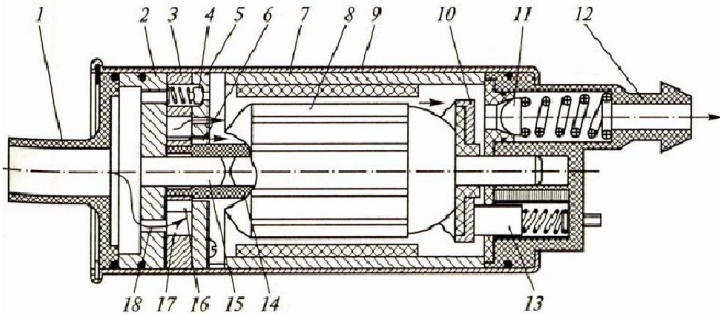


Рис. 4.5. Електричний паливний насос:

1 – підвідний штуцер; 2 – основа; 3 – статор насоса; 4 – запобіжний клапан; 5 – кришка; 6 – вихідний канал; 7 – статор електродвигуна; 8 – якор електродвигуна; 9 – корпус; 10 – колектор; 11 – зворотний клапан; 12 – напірний штуцер; 13 – щітка; 14 – муфта; 15 – вал; 16 – сепаратор; 17 – ролик; 18 – вхідний канал

За принципом дії електричні паливні насоси діляться на об'ємні та відцентрові. Відмінності в конструкціях за рахунок використання різних типів насосних вузлів.

Паливні фільтри здійснюють очищення палива та розташовуються після паливного насоса або інтегрованими у паливний бак на весь термін служби. Через суворі вимоги до якості палива в двигунах із впорскуванням палива фільтруючі елементи виконують паперовими з пластин, які розташовані радіально або складені у гармошку.

Паливна рампа (рис. 4.6) призначена для накопичення палива, установки та фіксації форсунок, також забезпечує рівномірне розподілення палива по форсунках. Крім форсунок на рампі кріпиться регулятор тиску і, іноді, демпфер тиску. Виготовляють рампу, у залежності від вимог, з високоякісної сталі або з пластмаси.

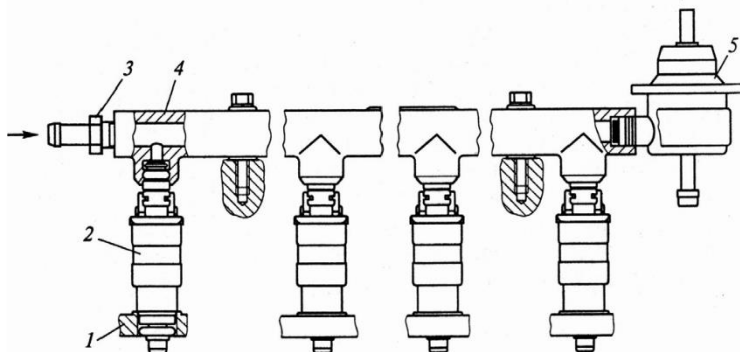


Рис. 4.6. Паливна рампа у зборі:

1 – впускний трубопровід; 2 – форсунка; 3 – итуцер; 4 – рампа; 5 – регулятор тиску

Регулятор тиску підтримує необхідний сталий тиск палива в системі. Конструктивно він являє собою мембранний регулятор з клапаном зливу. Діафрагма поділяє внутрішню порожнину на дві – паливну, яка з'єднана з насосом і вакуумну, яка в свою чергу сполучена з впускним трактом. У залежності від різниці тисків діафрагма або закриває клапан, або відкриває та зливає зайве паливо у бак.

За конструкцією та принципом дії електромагнітні форсунки систем розподіленого впорскування (рис. 4.7, а) та безпосереднього впорскування (рис. 4.7, в) аналогічні, але дещо відрізняються за конструкцією. Механічна форсунка (К-Jetronic) (рис. 4.7, б) – штифтова, відкривається за рахунок наявного тиску палива.

Дросельна заслінка, в переважній більшості сучасних систем впорскування, має електронне керування. Педаль акселератора обладнана датчиком положення, а заслінка повертається кроковим електродвигуном з редуктором.

Кількість повітря, яка рухається впускним трактом і відповідно потрапляє в циліндр двигуна, є основним параметром, що визначає кількість подачі палива форсунками.

Датчик масової витрати повітря (переважно термоанемометричного типу) встановлюється після повітряного фільтра на впускному патрубку. Його робота базується на використанні трьох чутливих елементів, один з елементів визначає температуру навколишнього повітря, а два інших нагріваються до заздалегідь установленної температури, що перевищує температуру навколишнього повітря.

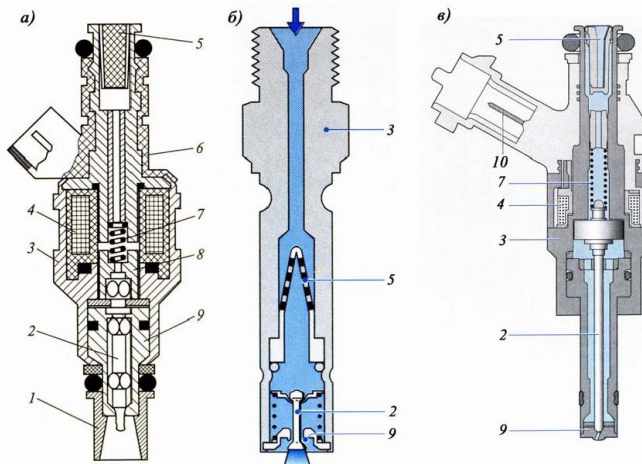


Рис. 4.7. Форсунки систем живлення бензинових ДВЗ зі впорскуванням палива:

а – електромагнітна розподіленого впорскування; б – механічна розподіленого впорскування; в – електромагнітна високого тиску; 1 – насадка; 2 – голка; 3 – корпус; 4 – соленоїд; 5 – фільтр; 6 – кришка; 7 – пружина; 8 – сердечник; 9 – сідло; 10 – контакт

Під час роботи двигуна повітря, яке рухається впускною системою, охолоджує нагрівальні елементи. Масова витрата повітря визначається кількістю додаткової потужності, яка необхідна для підтримки заданої температури нагрівальних елементів.

Автомобільний бензин складається з суміші різних вуглеводнів, та виробляються різними методами переробки нафти. У бензини додають високооктанові компоненти та альтернативні палива. Для поліпшення пускових якостей додають газові бензини, газоліни (у зимові бензини), присадки: інгібітори окислення (для збільшення терміну зберігання), антирозжарювальні (для запобігання розжарювальному запаленню), миючі, протизношувальні, антидетонаційні.

Основним експлуатаційним показником, який характеризує фізико-хімічні властивості палива, є октанове число, що вказує на його детонаційну стійкість. Чим більше октанове число, тим більше стійкість палива проти детонації.

За Держстандартом України ДСТУ 7687:2015, залежно від октанового числа за дослідним методом встановлені такі марки бензинів: А-80, А-92, А-95, А-98.

2. Порядок виконання практичної роботи

1. Використовуючи плакати, макети, деталі, ознайомитись із загальною будовою паливної системи зі впорскуванням легкого палива ДВЗ.

2. Оглянути складові системи живлення ДВЗ, вивчити їх конструкцію, визначити їх місце встановлення на двигуні.

3. Описати основні техніко-експлуатаційні показники деталей системи живлення (встановити тип системи, вид форсунок, описати конструкцію паливного насоса, форсунок, регулятора тиску, витратоміра повітря тощо).

4. Проаналізувати й оцінити конструкцію, зробити висновки про відповідність системи живлення сучасним вимогам до ДВЗ.

5. Відповісти на контрольні питання.

6. Скласти звіт про роботу.

Питання для самоконтролю

1. Що називається паливною сумішшю і які її різновиди?

2. Яке призначення має система живлення?

3. Назвіть складові частини та елементи системи живлення.

4. Призначення, принцип дії та будова паливного насоса та форсунок для систем розподіленого впорскування.

5. Розгляньте на автомобілі та охарактеризуйте розташування пристроїв системи впорскування.

6. У чому принципова відмінність систем центрального та розподіленого впорскування бензину?

7. Поясніть принцип регулювання подачі палива в залежності від кількості повітря.

8. Які марки бензинів використовують для роботи двигунів?

Практична робота №5

Тема: Система живлення дизельних ДВЗ

Мета роботи: розширити, поглибити і закріпити теоретичні знання щодо конструкції, принципу дії, особливості складових елементів системи живлення дизельних ДВЗ.

1. Загальні відомості

Система живлення дизельних ДВЗ забезпечує керування процесом впорскування дизельного палива, через подачу відповідної кількості палива в циліндри двигуна у визначений момент його робочого циклу та при необхідному тиску. Це забезпечує м'яку та економічну роботу дизельного ДВЗ.

Для згоряння в циліндрі паливо розпилюється на краплі розміром кілька десятків мікрон. Це стає можливим при впорскуванні палива через отвори форсунок тиском до 150 МПа, а іноді і вище.

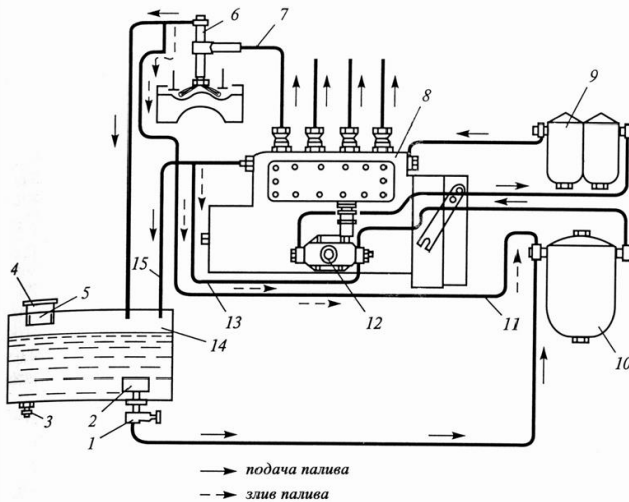
Паливні системи дизелів діляться на системи безпосереднього (насосного) впорскування та акумуляторні.

До систем безпосереднього впорскування (рис. 5.1) відносяться системи розділеного типу, у яких секції паливного насоса високого тиску (ПНВТ) і форсунки виконані окремо та сполучені паливопроводом високого тиску та системи з насос-форсунками, у яких секція насоса і форсунка виконані в одній конструкції.

У процесі роботи двигуна паливо надходить з паливного бака 14, в якому встановлений сітчастий фільтр, паливопроводом низького тиску через фільтр грубого очищення 10 до паливopідкачувального насосу 12, далі – крізь фільтр тонкого очищення 9 паливopроводом низького тиску до ПНВТ 8, від якого паливopроводом високого тиску 7 – до форсунки 6, яка впорскує паливо в камеру згоряння. У фільтрі грубого очищення від палива відокремлюється великі механічні домішки й вода, повніше очищення здійснюється у фільтрі тонкого очищення. Надлишки палива від ПНВТ, форсунок і фільтра тонкого очищення зливається дренажними трубками у бак.

ПНВТ забезпечує подачу палива необхідної кількості під тиском (12,5 – 17,5 МПа і більше) до форсунок відповідно до режиму роботи двигуна. Для створення тиску такої величини використовується плунжерна пара.

За кількістю насосних елементів ПНВТ бувають одноплунжерні та багатоплунжерні; за способом розподілу палива рядні та розподільні; за способом дозування палива з відсічкою наприкінці нагнітання, дроселюванням на впуску та об'ємні. Рядні поділяють на секційні та V-подібні.



*Рис. 5.1. Схема паливної системи дизеля розділеного типу:
 1 – кран; 2 – фільтр; 3 – зливний кран; 4 – заливна горловина; 5 – фільтр заливної горловини; 6 – форсунка; 7 – паливопровід високого тиску;
 8 – паливний насос високого тиску; 9 – фільтр тонкого очищення палива; 10 – фільтр грубого очищення палива; 11 – трубка відводу палива до фільтра грубого очищення; 12 – паливний насос низького тиску;
 13 – трубка відводу палива до паливного насоса низького тиску; 14 – паливний бак; 15 – трубка відводу палива до бака*

Рядний паливний насос (рис. 5.2) складається з корпусу, в якому розмішені кілька однотипних насосних секцій. Вони

приводяться в рух від колінчастого валу завдяки кулачкам та роликівим штовхачам. Зворотний рух плунжер робить під дією пружини.

Насосна секція ПНВТ працює наступним чином (рис. 5.3). Плунжер рухаючись донизу, відкриває впускне вікно і паливо через канал заповнює надплунжерний порожнину. Під час руху доверху плунжер перекриваючи впускне вікно у втулці починає стискати паливо. За рахунок цього досягається необхідний тиск палива, піднімається нагнітальний клапан і воно потрапляє до форсунки, де відбувається сам процес впорскування в циліндр.

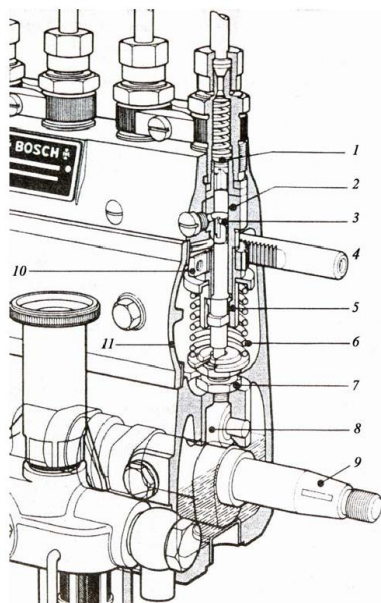


Рис. 5.2. Конструкція секції рядного ПНВТ:

1 – нагнітальний клапан; 2 – втулка плунжера; 3 – плунжер; 4 – рейка; 5 – поворотна втулка; 6 – пружина плунжера; 7 – регулювальний болт; 8 – роликівий штовхач; 9 – кулачковий вал; 10 – зубчастий хомут; 11 – регулювальний люк

Цей процес відбувається до того моменту, коли відсічна

кромка каналу на плунжері відкриве відсічне вікно. Тоді паливо з великою швидкістю спрямовується в зливне вікно. Тиск над плунжером швидко падає, нагнітальний клапан під дією пружини закривається, подача палива до форсунки різко припиняється.

Регулювання кількості палива, що впорскується, здійснюється поворотом плунжера навколо його поздовжньої осі. Зазвичай це здійснюється за допомогою зубчастої або вилчастої рейки. При повороті плунжера косою відсічною кромкою змінюється момент відкриття пропускного вікна, тобто змінюється величина подачі палива насосною секцією.

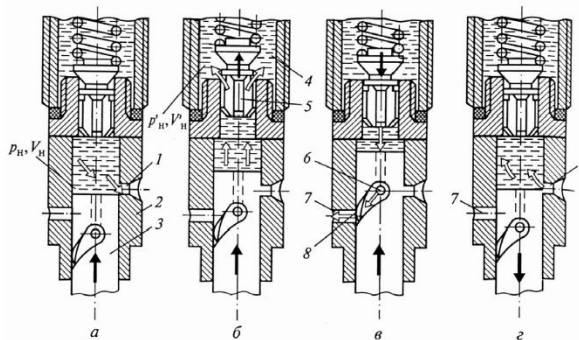


Рис. 5.3. Схема роботи секції ПНВТ:

а – процес витиснення; б – процес нагнітання (впорскування); в – процес відсікання; г – процес наповнення; 1 – впускне вікно; 2 – втулка; 3 – плунжер; 4 – штуцер; 5 – нагнітальний клапан; 6 – отвір; 7 – зливне вікно; 8 – відсічна кромка

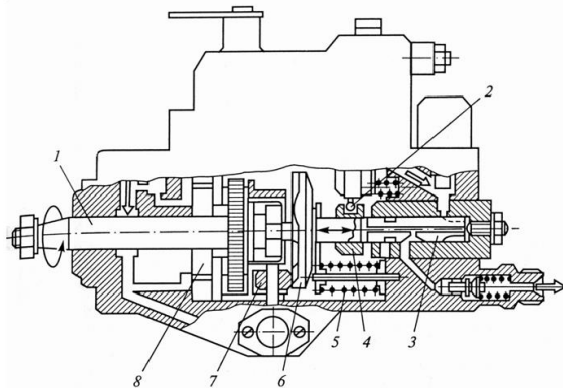
Для подачі палива необхідної кількості та забезпечення сталої частоти обертання колінчастого валу при фіксованому положенні рейки використовують регулятори. За характеристиками вони можуть бути однорежимними, дворежимними або всережимними, за конструкцією – механічними, відцентровими або електронними.

Зміну моменту початку впорскування палива у залежності від частоти обертання забезпечує муфта випередження впорскування палива, через яку здійснюється привод ПНВТ. При

збільшенні частоти обертання тягарці, під дією відцентрової сили розходяться, повертаючи кулачковий вал та збільшуючи кут випередження впорскування. При зменшенні частоти під дією пружин тягарці повертаються у початкове положення.

Конструкції розподільних ПНВТ (рис. 5.4) розрізняють за засобом утворення високого тиску (з аксіальним рухом плунжера та радіальним рухом плунжерів); за засобом регулювання (з механічним та електронним керуванням); за методом керування цикловою подачею (з керуванням регулювальною кромкою та з керуванням електромагнітним клапаном).

Плунжер, рухаючись до ВМТ (праворуч), здійснює хід нагнітання при набіганні виступів кулачкової шайби (їх кількість дорівнює числу циліндрів ДВЗ) на ролик. Зміну циклової подачі здійснює дозатор, який переміщується важелем керування та змінює момент відсічки.



*Рис. 5.4. Розподільний насос з аксіальним рухом плунжера:
1 – вал приводу; 2 – важіль регулятора; 3 – плунжер; 4 – дозатор;
5 – пружина; 6 – кулачкова шайба; 7 – ролик; 8 – шибєрний
паливопідкачувальний насос*

За допомогою форсунки розпилюється паливо в циліндрах двигуна, що забезпечує необхідне його подрібнення та перемішування з повітрям для кращого сумішоутворення в камері згоряння. Розрізняють форсунки відкритого і закритого типів.

У автотракторних ДВЗ використовують лише форсунки закритого типу. Їх конструкція забезпечує процес впорскування завдяки запиірному елементу – голці, яка відкриває або закриває доступ палива з напірної порожнина в камеру згоряння.

Паливо розпилюється розпилювачем, що складається з корпусу та голки. Голка притискається до корпусу завдяки встановленій пружині. Форсунки закритого типу з гідравлічним керуванням (рис.6.5) працюють наступним чином. Коли зусилля на конічній фасці нижньої частини голки, що створюється тиском палива, пересилює зусилля пружини, голка розпилювача відходить від сідла, і паливо через соплові отвори впорскується в камеру згоряння. При зниженні тиску голка розпилювача під дією пружини повертається в початкове положення та закриває соплові отвори.

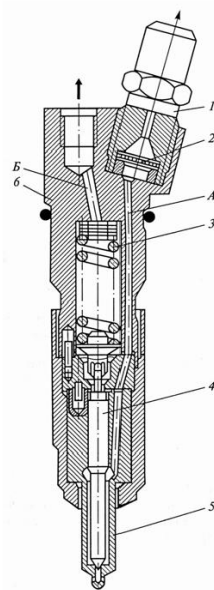


Рис. 5.5. Закрита форсунка з пружинними запиранням:
 1 – штуцер; 2 – захисний фільтр; 3 – пружина; 4 – голка розпилювача;
 5 – корпус розпилювача; 6 – корпус форсунки; А – підвідний канал;
 Б – відвідний канал

Конструкцією розпилювачів передбачено наявність одного чи декількох отворів. Останні мають від 4 до 10 отворів діаметром 0,15...0,25 мм. Під час експлуатації соплові отвори даних розпилювачів закоксовуються, що призводить до погіршення процесу розпилювання палива (зміна форми та напрямку факелів) та повного його припинення.

У паливній системі Common Rail (рис. 5.6) процеси створення тиску та впорскування палива є розділеними. Накопичення палива під високим тиском відбувається незалежно від частоти обертання двигуна та кількості палива, що впорскується. Кожен із цих компонентів керується системою електронного керування (EDC).

Функції створення тиску та упорскування палива поділяються за допомогою акумулятора палива. Паливо під тиском подається в порожнину акумулятора і таким чином виявляється готовим до впорскування.

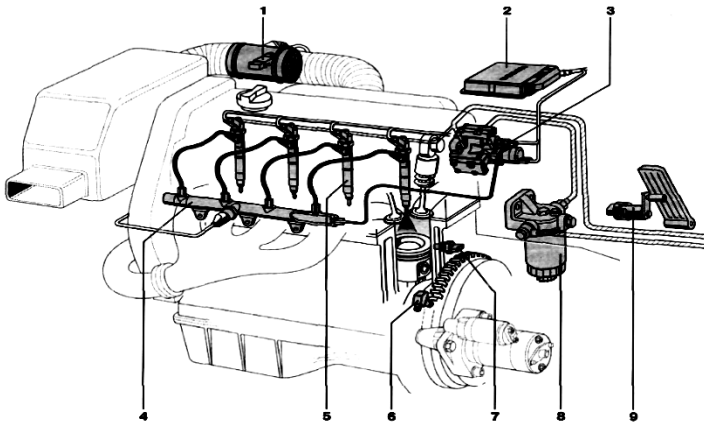


Рис. 5.6. Схема розташування акумуляторної паливної системи Common Rail на чотирициліндровому дизельному ДВЗ:

- 1 – масовий витратомір повітря; 2 – електронний блок керування;*
- 3 – ПНВТ; 4 – акумулятор палива високого тиску; 5 – форсунки; 6 – датчик частоти обертання колінчастого валу; 7 – датчик температури охолоджуючої рідини; 8 – паливний фільтр; 9 – датчик положення педалі акселератора*

Необхідний тиск упорскування створюється постійно працюючим ТНВД із приводом від двигуна. Тиск палива в акумуляторі підтримується незалежно від частоти обертання двигуна і кількості палива, що впорскується.

На більшості акумуляторних систем встановлюється триплунжерний ПНВТ з ексцентриковим кулачком (рис. 5.7).

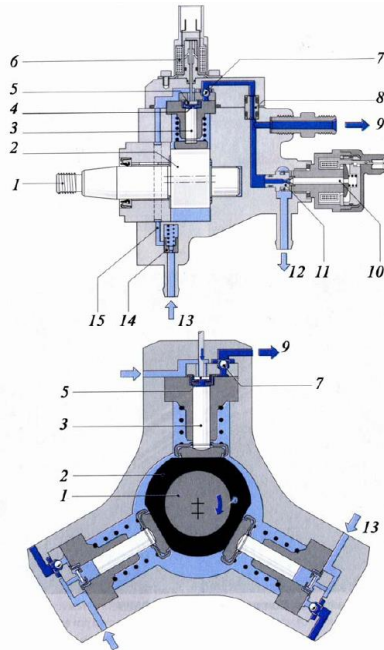


Рисунок 5.7. ПНВТ системи Common Rail:

1 – вал привода; 2 – ексцентриковий кулачок; 3 – плунжер зі втулкою; 4 – камера над плунжером; 5 – впускний клапан; 6 – електромагнітний клапан відключення секції; 7 – випускний клапан; 8 – ущільнення; 9 – штуцер магістралі високого тиску; 10 – клапан регулювання тиску; 11 – кульковий клапан; 12 – магістраль зворотного зливу; 13 – магістраль подачі палива до ПНВТ; 14 – захисний клапан з дросельним отвором; 15 – перепускний клапан низького тиску

Паливopідкачуючий насос здійснює подачу палива до ПНВТ

через фільтр із сепаратором води. Пройшовши через дросельний отвір захисного клапана, паливо потрапляє до плунжерів системою каналів. Приводний вал з ексцентриковими кулачками одночасно забезпечує поступовий рух усіх трьох плунжерів.

Паливо через впускний клапан надходить в камеру над плунжером коли той здійснює рух донизу (впуск). Після проходження плунжером нижньої мертвої точки впускний клапан закривається. Подальший рух плунжера забезпечує стискання палива в надплунжерній порожнині. Це відбувається до тих пір, поки тиск не збільшиться до рівня, що відповідає тиску палива в акумуляторі. Тоді відкривається випускний клапан і стисне паливо надходить у контур високого тиску. Процес подачі палива триває до тих пір, доки плунжер не досягне своєї верхньої мертвої точки. Потім тиск падає, випускний клапан закривається, плунжер при цьому вже рухається донизу. Коли величина тиску надплунжерному просторі опускається нижче величини тиску підкачки, впускний клапан відкривається і процес повторюється.

Так як ПНВТ розрахований на подачу палива з запасом, то на холостому ході при часткових навантаженнях виникає надлишок подачі го палива, яке через клапан регулювання тиску та магістраль зворотного зливу повертається у паливний бак.

Акумуляторний вузол поєднує паливну рампу (як правило, циліндричний товстостінний трубопровід, рідше – сферична камера), датчик тиску палива, клапан обмеження тиску, обмежувач подачі палива.

Клапан обмеження тиску обмежує максимальний тиск у акумуляторі, обмежувач подачі палива забезпечує перекривання магістралі до форсунки у випадку зависання голки.

Конструкція електрогідравлічної форсунки зображена на рис. 6.8. При відкритті за допомогою електромагніту кульковим клапаном дросельного отвору тиск над голкою падає, і голка підіймається. При закритті клапана тиск над голкою перевищує тиск під голкою, і форсунка закривається.

Завдяки паливному акумулятору форсунки, до яких постійно надходить пальне під тиском, можуть за один цикл кілька разів впорскувати паливо в циліндр двигуна. Це дозволяє реалізувати

попереднє упорскування – воно збільшує температуру і тиск у камері згоряння, що прискорює займання основної порції пального, яка впорскується пізніше. Завершує процес впорскування, за необхідності, додаткова порція палива. Згоряння останньої підвищує температуру відпрацьованих газів, що сприяє процесу згоряння залишків у сажовому фільтрі. Водночас багаторазове впорскування «пом'якшує» роботу двигуна (зменшується шумність та вібрація).

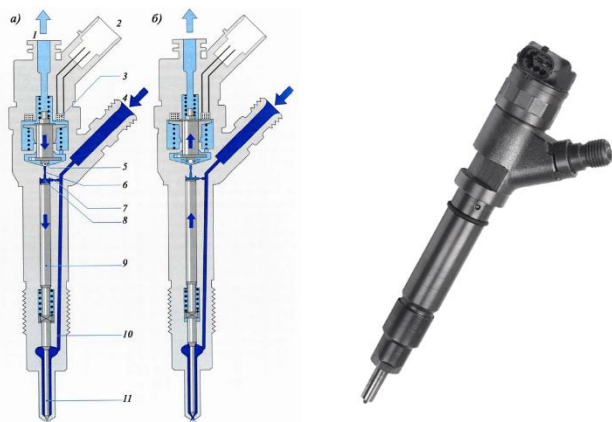


Рисунок 5.8. Електрогідравлічна форсунка:

а – у закритому стані; б – у відкритому стані; 1 – магістраль зворотного зливу; 2 – штекер; 3 – електромагнітний клапан; 4 – магістраль високого тиску; 5 – кульковий клапан; 6 – дросельний отвір відведення палива; 7 – дросельний отвір підведення палива; 8 – камера керівного клапана; 9 – поршень керівного клапана; 10 – канал підведення палива до розпилювача; 11 – голка розпилювача

Схильність до самозаймання дизельних палив визначається цетановим числом, яке встановлюється методом порівняння роботи стандартного одноциліндрового двигуна, на дослідному паливі і еталонних сумішах, які складаються легкозаймистого цетану (100 одиниць) в суміші з α -метилнафталіном (0 одиниць) та за властивістю самозаймання рівноцінні даному паливу.

Сучасні дизельні палива мають цетанове число 45...50 одиниць. Із збільшенням цетанового числа процес згоряння

протікає більш плавно, двигун працює економніше «м'якше». Застосування дизельного палива з цетановим числом менше 40 одиниць призводить до збільшення періоду затримки самозаймання і жорсткої роботи двигуна.

2. Порядок виконання практичної роботи

1. Використовуючи плакати, макети, деталі, ознайомитись із загальною будовою паливної системи дизельного ДВЗ.

2. Оглянути складові системи живлення ДВЗ, вивчити їх конструкцію, визначити їх місце встановлення на двигуні.

3. Описати основні техніко-експлуатаційні показники деталей системи живлення (встановити тип системи, вид форсунок, описати конструкцію паливного насосу, форсунок, тощо).

4. Проаналізувати й оцінити конструкцію, зробити висновки про відповідність системи живлення сучасним вимогам до ДВЗ.

5. Відповісти на контрольні питання.

6. Скласти звіт про роботу.

Питання для самоконтролю

1. Що називається паливною сумішшю і які її різновиди?

2. Яке призначення має система живлення?

3. Назвіть складові частини та елементи системи живлення.

4. Які особливості будови і принципу дії системи живлення дизельного двигуна. Призначення, місце розташування складових системи живлення дизельного двигуна.

5. Призначення, принцип дії та будова паливних насосів високого тиску систем живлення дизельних ДВЗ.

5. Розгляньте на автомобілі та охарактеризуйте розташування пристроїв системи живлення дизеля.

6. У чому принципова відмінність акумуляторної системи живлення дизельних ДВЗ?

Рекомендації до виконання самостійної роботи

Розподіл годин самостійної роботи для здобувачів освіти денної форми навчання:

- підготовка до аудиторних занять – 0,5 год./1 год. занять = $0,5 \cdot (60) = 30$ год.

- підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1 кредит ЄКТС = $6 \cdot 6 = 36$ год.

- опрацювання окремих тем програми або її частин, які не розглядаються на лекціях – $120 - 30 - 36 = 54$ год.

Теми для самостійної роботи

№	Теми самостійної роботи
1	Загальні відомості про трактори і автомобілі. Типи сучасних енергетичних установок
2	Кривошипно-шатунний механізм поршневого ДВЗ
3	Газорозподільний механізм поршневого ДВЗ
4	Системи охолодження та мащення поршневого ДВЗ
5	Системи живлення бензинових та газових ДВЗ
6	Система живлення дизельних ДВЗ
7	Системи запалювання, пуску, освітлення, світлової сигналізації та контрольно-вимірювальні прилади
8	Трансмісія тракторів і автомобілів
9	Ходова частина тракторів і автомобілів
10	Рульове керування та механізм повороту. Гальмівна система

Оцінка рівня освоєння здобувачами освіти питань, які виносяться на самостійне опрацювання проводиться на модульних контролях.

Список рекомендованої літератури

1. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В. П. Сахно, В. І. Сирота, В. М. Поляков, В. Г. Головань, О. В. Лисий; Військ. акад. Одеса : Військ. акад., 2017. 412 с.

2. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови. / Ю. Ф. Гутаревич, Л. П. Мержиєвська, О. В. Сирота, Д. М. Трифонов. К. : НТУ, 2015. 224с.

3. Білоконь Я. Ю., Окоча А. В. Трактори і автомобілі : підручник. К. : Урожай, 2002. 318 с.

4. Трактори та автомобілі. Ч. 3.Шасі : навч. посібник / А. Т. Лебедев, В. М. Антошенков, М. Ф.Бойко та ін; За ред. проф. А. Т. Лебедева. К. : Вища освіта. 2004. 336 с: іл.

5. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / упор. В. Я. Чабанний. Кіровоград : Центрально-Українське видавництво, 2008. 353 с.

6. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. К. : Каравелла, 2009.

7. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Анісевич, В. В. Іщенко та ін. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.

8. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни : підручник. Київ : Арістей, 2006. 476 с.

9. Трактори і автомобілі і: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. Л. М. Дацюк, М. В. Вржещ. Луцьк : Луцький НТУ, 2017. 236 с.

10. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі. II частина. К. : Вища освіта, 2001.

11. Голотюк М. В. Моніторинг та прогнозування технічного стану тракторів і комбайнів / Налобіна О.О. , Голотюк М. В., Пилипака Т. С., Бундза О. З., Шимко А. В. Рижий О. П. *Вісник НУВГП, серія: Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2024. Вип. 4. С. 81–89.

12. Голотюк М. В. Теоретичні передумови систематизації типорозмірів міні-тракторів / О. О. Налобіна, М.В. Голотюк,

В. С. Пуць. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2021, №1 (21) ЛНТУ, С. 18–22.

13. Голотюк М. В. До питання моделювання надійності сільськогосподарських машин / О.О. Налобіна, О.З. Бундза, М.В. Голотюк, А.В. Шимко, В.С. Пуць, В.Л. Мартинюк. *Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ»*. Луцьк, 2024, №77. С. 51–55.

14. Голотюк М. В. Задача руху сільськогосподарського робота на поворотах / Налобіна О. О., Голотюк М. В., Бундза О. З., Шимко А. В., Михайлов А. О. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал*. Луцьк : Луцький НТУ, 2022. Том 2. № 19. С.39–45.

15. Голотюк М. В. Концептуальне комплексне оцінювання ефективності використання комунальних машин / Налобіна О. О., Голотюк М. В., Бундза О. З., Пуць В. С., Мартинюк В. Л. *Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ»*. Луцьк : Луцький НТУ, 2022. № 73. С. 222–227.

16. Голотюк М. В., Шимко А. В. Аналіз деформацій гумової гусениці з різним матеріалом корду. *Сільськогосподарські машини*: зб.наук. ст. Луцьк, 2022. Вип. 48. С.39–45.

17. Голотюк М. В. Теоретичні передумови систематизації типорозмірів міні-тракторів / О. О. Налобіна, М. В. Голотюк, В. С. Пуць. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал*. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. №1(16). С. 18–22.