

3.3. Система живлення карбюраторного двигуна

3.3.1. Паливо для карбюраторних двигунів

Що може служити паливом для карбюраторних двигунів?

Паливом для карбюраторних двигунів можуть служити: [бензин](#), [спирти](#), [бензол](#), [гас](#). Найбільше застосовують бензин.

Що мається на увазі під октановим числом палива?

Під октановим числом палива мається на увазі кількість стійких вуглеводнів ізооктанів у суміші нестійких вуглеводнів гептанів.

Як позначають бензин?

Бензин позначають так: АІ-92, АІ-95, АІ-98. Літера А вказує, що бензин автомобільний; цифри – на октанове число; І – вказує, що [октанове число](#) визначалося дослідним методом. Для форсованих двигунів з високим ступенем стиснення застосовують спеціальний високооктановий бензин «Екстра».

Як впливає на роботу двигуна відповідність його октанового числа?

Під час роботи двигуна на бензині відповідно до його ступеня стиснення (завод-виготавлювач вказує, який бензин слід застосовувати для цього двигуна), згорання горючої суміші в циліндрах відбувається зі швидкістю 20 – 30 м/с і тиск газів на поршень досягає 3,5 – 5, 0 МПа. Якщо застосовують бензин, який не відповідає його ступеню стиснення, відбувається детонаційне (вибухове) згорання паливної суміші зі швидкістю 2 – 3 тис. м/с і тиск газів на поршень підвищується до 10 МПа. Це викликає підвищене спрацювання і навіть поломку деталей корбово-гонкового механізму, руйнування вальниць, прогорання днищ поршнів.

3.3.1.2. Паливна суміш

Що називається паливною сумішшю і які її різновиди?

Паливною сумішшю називають суміш парів (бензину) з повітрям у відповідній пропорції. Підраховано, що для повного згорання 1 кг бензину в циліндрах двигуна потрібно близько 15 кг [повітря](#). Тому склад паливної суміші прийнято характеризувати коефіцієнтом надлишку повітря α , який виражається відношенням справжньої кількості повітря, що забезпечує згорання бензину, до теоретично необхідної його кількості, тобто $\alpha = L_e / L_t$

Яка суміш називається нормальною?

Якщо в згорянні 1 кг бензину бере участь 15 кг повітря, тобто стільки, скільки теоретично необхідно, то така суміш називається нормальною.

$$\alpha = 15:15 = 1,$$

Яка суміш називається збагаченою (силовою)?

$$\alpha = 13,5:15 = 0,9$$

Яка суміш називається багатою?

$$\alpha = 12:15 = 0,8$$

Яка суміш називається збідненою?

$$\alpha = 16,5: 15 = 1,1$$

Яка суміш називається бідною?

$$\alpha = 19: 15 = 1,2$$

3.3.1.3. Призначення, будова та робота системи живлення

Система живлення бензинових двигунів призначена для зберігання й очищення палива, очищення повітря, приготування з них паливної суміші, подачі її в потрібній кількості до циліндрів двигуна та відведення відпрацьованих газів.

3.3.2.1. Паливні баки

Паливні баки (один або два) забезпечують запас палива для певного пробігу автомобіля. Як правило, бак зварений із штампованих коритоподібних половин, а в нових автомобілях виготовлений з поліетилену низького тиску методом видувного формування.

Накривка заливної горловини закриває паливний бак герметично, в ній змонтовано два клапани: випускний (паровий) і впускний (повітряний).

Паливопроводи виготовлені з латунних трубок. Вони з'єднані з паливним насосом, баком, фільтрами і карбюратором за допомогою штуцерів, конічних муфт, накидних гайок і гнучких шлангів з хомутами.

3.3.2.2. Паливні фільтри

Паливні фільтри призначені для очищення палива від механічних домішок. Застосовують фільтри-відстійники та фільтри тонкого очищення палива. У деяких конструкціях систем живлення автомобільних двигунів фільтри-відстійники не застосовують.

3.3.2.3. Паливопідкачувальний насос

Паливопідкачувальний насос карбюраторного двигуна подає потрібну кількість палива до поплавцевої камери карбюратора. Найбільш поширені діафрагмові (мембранні) паливні насоси, які відрізняються між собою в переважно кількістю клапанів і формою корпусів.

3.4. Система живлення двигунів з газобалонною установкою

3.4.1. Системи живлення двигунів на зрідженому газі

3.4.2. Газобалонне обладнання систем живлення нового покоління

3.4. Система живлення двигунів з газобалонною установкою

Використання газу як палива для двигунів є одним із заходів економії бензину та зменшення забрудненості навколишнього середовища. Застосовують стиснені (природні) і скраплені (нафтові) газу: перші – складаються переважно з метану, другі – з пропану і бутану. Найбільш поширені системи живлення із скрапленим газом.

3.4.1. Системи живлення двигунів на зрідженому газі

Газобалонне обладнання (ГБО) першого покоління

ГБО ежекторного типу. Цю найпростішу систему було розроблено для карбюраторних двигунів.

Рис. 3.4.1. Макет ГБО першого покоління

Рідкий газ – пропан-бутан закачується в балон-1 через виносний заправний пристрій – 7, потім рідкий газ під власним тиском надходить через мультиклапан – 2 мідною трубкою до газового клапана – 3, який керується електронним пультом-комутатором, встановленим в салоні автомобіля і містить фільтр для очищення рідкої фази від грубої фракції з балона.

Після відкриття газового клапана – 3 рідка газова фаза надходить у редуктор-випарник – 4, який обігрівається за рахунок системи охолодження двигуна. У редукторі газ з рідкої фази під дією температури випаровується в газоподібну і газовим шлангом надходить через змішувач – 5 у карбюратор, де змішується з повітрям і під дією розрідження у впускному колекторі надходить у камеру згоряння. Бензоклапан – 6 керується також пультом з салону і перекриває подавання бензину в карбюратор у разі відкриття газового клапана – 3. Для переходу автомобіля на газ в системі 1-го покоління необхідно завести автомобіль на бензині, прогріти до температури вище 40 градусів (щоб редуктор міг випаровувати рідку фазу), потім перемикнути пульт в нейтральне положення (бензоклапан і газовий

клапан закриті) для вироблення бензину з поплавкової камери карбюратора і в момент, коли двигун починає глохнути перемкнути пульт в положення – ГАЗ (газовий клапан відкритий, бензиновий закритий). Якщо двигун прогрітий, то пуск можна здійснювати з положення – ГАЗ. Перед ставленням автомобіля на тривалу стоянку необхідно на ходу перемкнути пульт в положення – БЕНЗИН для заповнення поплавкової камери карбюратора для наступного холодного пуску двигуна автомобіля.

Недоліки системи ГБО 1-го покоління:

- складність експлуатації – перемикання БЕНЗИН-ГАЗ у ручному режимі, за рахунок того, що в редукторі 1-го покоління відсутній тиск, під час випаровування з газу випадають у вигляді конденсату «важкі» домішки одоранту і вуглеводню, що мають різкий специфічний запах газу і цей конденсат також необхідно вручну зливати з редуктора;

- механічне регулювання якості суміші – не дозволяє коректно працювати на інжекторних двигунах;

- під час встановлення ГБО 1-го покоління на інжекторний двигун за найменших пробоїв високовольтної системи запалювання автомобіля спостерігаються газодинамічні хлопки у впускному колекторі, тому що у разі роботи на газу в ньому знаходиться готова до займання газоповітряна суміш; але тим не менш це єдина система, здатна добре працювати на карбюраторному двигуні.

ГБО другого покоління

ГБО ежекторного типу з електронним дозатором газу. Ця система по суті є аналогом системи 1-го покоління, доопрацьованої для використання на інжекторних двигунах (моновпорскування і розподільне впорскування бензину).

Рис. 3.4.2. Схема ГБО другого покоління

Рідкий газ – пропан-бутан закачується в *балон-1* через *виносний заправний пристрій - 3*, потім рідкий газ під власним тиском надходить через *мультиклапан – 2* мідною трубкою до *газового клапана – 4*, який керується електронним *пультом-комутатором – 13*, встановленим в салоні автомобіля і містить фільтр для очищення рідкої фази від грубої фракції з балона. Після відкриття *газового клапана – 4* рідка газова фаза надходить у *редуктор-випарник – 5*, який обігривається за рахунок системи охолодження двигуна – *6*. У редукторі газ з рідкої фази під дією

температури випаровується в газоподібну і газовим шлангом надходить у електронний дозатор – 7, керований електронним блоком – 11 і через змішувач – 9, встановлений після повітряного фільтра – 8 подається в ресивер впускного колектора, де змішується з повітрям і під дією розрядження у впускному колекторі надходить в камеру згоряння. Емулятор форсунок – 12 перериває подачу імпульсів на бензинові форсунки під час відкриття газового клапана – 4. Електронний блок системи (ESU) 11 отримує сигнали від штатних датчиків автомобіля, таких як: [датчик дросельної заслінки](#), [лямбда-зонд](#), датчик обертів двигуна, і в поєднанні з електромеханічною системою контролю подачі газу забезпечує контроль газоповітряної суміші, для правильної роботи лямбда-зонда (датчик кисню) і [каталітичного нейтралізатора](#). Для переходу автомобіля на газ у системі 2-го покоління необхідно завести автомобіль на бензині, прогріти до температури вище 40 градусів (щоб редуктор міг випаровувати рідку фазу), потім перемикнути пульт у положення – ГАЗ (або в режимі напівавтомат зробити перегазовку 2000-2500 об / хв). Якщо двигун прогрітий, то пуск можна здійснювати з положення - ГАЗ.

Недоліки системи ГБО 2-го покоління:

- складність експлуатації – перемикання БЕНЗИН-ГАЗ в ручному режимі; за рахунок того, що в редукторі 2-го покоління відсутній тиск, то під час випаровування з газу випадають у вигляді конденсату «важкі» домішки одоранту і вуглеводню, що мають різкий специфічний запах газу і цей конденсат також потрібно вручну зливати з редуктора;
- електронне регулювання якості суміші не дозволяє коректно працювати на інжекторних двигунах зі складним алгоритмом впорскування, тому кроковий двигун електронного дозатора має високу інертність, що негативно позначається на швидкості спрацьовування;
- за найменших пробоїв високовольної системи запалювання автомобіля спостерігаються газодинамічні хлопки в ресивері впускного колектора, тому що в ньому знаходиться під час роботи на газі готова до займання газоповітряна суміш;
- вартість такого комплекту незначно відрізняється від системи 4-го покоління, технічні характеристики якої на порядок вище, що зводить до нуля доцільність встановлення даного обладнання.

3.4.2. Газобалонне обладнання систем живлення нового покоління

ГБО п'ятого покоління

Розподілене електронне впорскування рідкого газу (LPi і LPfi). Систему було розроблено для двигунів з розподіленим електронним впорскуванням бензину.

Система LPi працює багато в чому, так само, як і бензинова паливна система: рідке паливо циркулює паливопроводом і подається у форсунки.

Рис. 3.4.3. Схема ГБО п'ятого покоління

В системі є бак з інтегрованим насосом мембранного типу. Насос піднімає тиск в системі до 5 Бар і подає паливо до регулятора тиску.

Цей компонент контролює і регулює тиск у паливній магістралі і так само обладнаний запірним електромагнітним клапаном, який відкриває подачу газу, коли ви активуєте систему. Надлишок палива повертається зворотним паливопроводом через регулятор тиску в паливний бак (балон). Газові інжектори управляються газовим блоком управління (LPE). Цей модуль використовує сигнали бензинового блока управління і адаптує їх для використання з газовими інжекторами. Всі інші сигнали та інформація бензинового блока управління залишаються недоторканими.

Переваги системи ГБО 5-го покоління:

- легкість експлуатації – рідке впорскування газу без редуктора-випарника дозволяє повністю виключити роботу двигуна на бензині;
- немає відчутної різниці між їздою на бензині і на газі;
- немає ризику утворення зворотних ударів у впускному колекторі;
- мінімальна кількість компонентів у моторному відсіку (немає редуктора);
- мінімум втручання у двигун і електроніку автомобіля.

Недоліки системи ГБО 5-го покоління:

- висока вартість установки;
- чутливість до якості газу.

ГБО шостого покоління

Безпосереднє впорскування рідкого газу (LPdi). Систему було розроблено для двигунів з безпосереднім впорскуванням бензину.

Рис. 3.4.4. Схема ГБО шостого покоління

Так само, як LPI, система LPdi зберігає пропан-бутанову суміш у рідкому стані протягом усього процесу, при цьому газ уже впорскується безпосередньо в камеру згоряння в обхід впускних клапанів, що робить цю систему придатною для використання на найсучасніших двигунах з безпосереднім впорскуванням палива (TSI). Рідкий газ подається прямо через бензинові форсунки. Газовий насос створює надлишковий тиск і забезпечує циркуляцію газу паливопроводом. Серце системи LPdi – запатентований вузол FSU (fuelselectionunit-вузол вибору палива), який забезпечує вільний перехід між бензином і газом. Рідкий газ і бензин подається в модуль FSU і вибране паливо подається в насос високого тиску двигуна, який створює надлишковий тиск більш ніж 100 Бар, після чого здійснюється впорскування палива.

Переваги системи ГБО 6-го покоління

- легкість експлуатації – унікальна властивість системи в тому, що двигун може працювати в монопаливним режимі, тобто заводитися і працювати суто на газі. Бензин може використовуватися у вигляді допоміжного палива, коли газовий балон буде порожній. Так само за водієм вибір зберігається можливості перемикання між газом і бензином в будь-який час натисканням кнопки;

- немає відчутної різниці між їздою на бензині і на газі;
- немає ризику утворення зворотних ударів у впускному колекторі;
- мінімальна кількість компонентів у моторному відсіку (немає редуктора і газових форсунок);

- мінімум втручання у двигун і електроніку автомобіля.

Недоліки системи ГБО 6-го покоління:

- висока вартість встановлення;
- чутливість до якості газу.

Питання для самоконтролю

[1. Які складові найпростішої системи живлення на зрідженому газі?](#)

[2. Які операції ЩТО системи живлення газобалонних автомобілів?](#)

3.5. Система живлення двигунів з впорскуванням палива

[3.5.1. Системи з центральним впорскуванням](#)

[3.5.2. Системи з розподільним впорскуванням](#)

[3.5.3. Системи з безпосереднім впорскуванням](#)

[3.5.4. Технічне обслуговування систем живлення](#)

Бензинові двигуни обладнують системами з впорскуванням, які відрізняються між собою за способом утворення суміші палива з повітрям:

- системи з центральним впорскуванням;
- системи з розподільним впорскуванням;
- системи з безпосереднім впорскуванням.

3.5.1. Системи з центральним впорскуванням

Центральне впорскування, або інша його назва моновпорскування ([Mono-jetronic](#)), здійснюється однією центральною електромагнітною форсункою, яка впорскує паливо у впускний колектор. Це чимось нагадує карбюратор. Зараз автомобілі з такою системою впорскування не випускають, оскільки в автомобілях з такою системою спостерігають високу витрату палива і невисокі екологічні властивості автомобіля.

3.5.2. Системи з розподільним впорскуванням

Системи з розподільним впорскуванням постійно з роками вдосконалювались. Початок поклала система [K-jetronic](#). Впорскування було механічним, що сприяло надійності, але витрата палива була висока. Паливо подавалося не імпульсно, а постійно.

На зміну цієї системи прийшла система *KE-jetronic*. Вона нічим принципово не відрізнялась від *K-jetronic*, але з'явився електронний блок керування (ЕБК), який дозволив дещо зменшити витрату палива.

KE-jetronic не дала очікуваних результатів. З'явилася система *L-jetronic* в якій (ЕБК) – приймав сигнали від датчиків і спрямовував електромагнітний імпульс на кожну форсунку. Система мала високі економічні і екологічні показники, але на цьому не зупинилися, і розробили цілком нову систему *Motronic*.

Блок керування почав керувати і впорскуванням палива, і системою запалювання. Паливо стало краще згоряти в циліндрі, збільшилася потужність двигуна, зменшилися витрата і шкідливі викиди двигуна. У всіх цих системах, відображених вище, впорскування здійснюється окремою форсункою у впускний колектор кожного циліндра, де і відбувається сумішоутворення палива з повітрям.

3.5.3. Системи з безпосереднім впорскуванням

Найбільш перспективною системою сьогодні є [система з безпосереднім впорскуванням](#).

Принцип роботи цієї системи полягає в тому, що паливо впорскується одразу в камеру згорання кожного циліндра, і вже там змішується з повітрям. Система визначає і подає оптимальний склад суміші в циліндр, що забезпечує велику потужність на різних режимах роботи двигуна, економічність і високі екологічні властивості.

Але з іншого боку, двигуни з цією системою впорскування мають високу ціну порівняно із своїми попередниками через складність своєї будови. Також ця система дуже вимоглива до якості палива.

Рис. 3.5.6. Схема системи безпосереднього впорскування:

1 – повітряний фільтр; 2 – витратомір повітря; 3 – адсорбер; 4 – запірний клапан системи керування парів бензину; 5 – блок керування дросельною заслінкою; 6 – датчик тиску у впускному колекторі; 7 – клапан керування впускними заслінками; 8 – вакуумний урухомник впускних заслінок; 9 – датчик положення впускної заслінки; 10 – датчик тиску в магістралі вакуумного підсилювача гальма; 11 – клапан системи рециркуляції відпрацьованих газів; 12 – блок керування системою керування двигуном

3.5.4. Технічне обслуговування систем живлення

Технічний стан системи живлення визначає потужнісні та економічні показники роботи машини, забруднення навколишнього середовища.

Карбюраторні двигуни

Під час [щоденного технічного обслуговування](#) (ЩТО) перед виїздом автомобіля перевіряють щільність з'єднань бака, фільтрів, паливного насоса, карбюратора (підтікання не має бути).

Під час [ТО-1](#) перевіряють дію урухомника дроселів і повітряної заслінки, зливають відстій з фільтра-відстійника, перевіряють кріплення карбюратора до

впускного патрубку, промивають або замінюють фільтрувальний елемент повітроочисника, промивають сітчасті елементи очищення палива, перевіряють і за потреби регулюють вміст діоксиду вуглецю у відпрацьованих газах.

Під час [ТО-2](#) діагностують систему живлення, а потім виконують роботи, пов'язані з технічним обслуговуванням та усуненням несправностей. Ними передбачено: перевірку надійності кріплення елементів системи, стану паливного бака, видалення відстою з поплавцевої камери карбюратора, очищення або заміну фільтрувальних елементів паливних і повітряних фільтрів, регулювання роботи двигуна в режимі холостого ходу, перевірку токсичності відпрацьованих газів і рівня палива в поплавцевій камері карбюратора.

Під час [сезонного](#) технічного обслуговування (СТО) розбирають і промивають карбюратор, паливний насос і обмежувач максимальної частоти обертання колінчастого вала двигуна, проминають паливний бак і перевіряють дію клапанів у короку заливної горловини, продувають паливопроводи стисненим повітрям.

Система живлення газобалонних автомобілів

Під час ЩТО перед виїздом автомобіля перевіряють кріплення газового балона (балонів), стан обладнання, герметичність системи, роботу двигуна на бензині. Під час ставлення автомобіля на стоянку закривають витратні вентиля й виробляють весь газ, що знаходиться в системі, зливають відстій з газового редуктора, а в холодну пору року зливають воду з порожнини випарника (якщо система охолодження заповнена водою).

Під час ТО-1 автомобілів, що працюють на скрапленому газі, перевіряють герметичність вентилів та арматури балона (з інтервалом у 3 місяці перевіряють працездатність запобіжного клапана газового редуктора високого тиску в автомобілях, що працюють на стисненому газі), перевіряють кріплення газового обладнання і здійснюють технічне обслуговування повітроочисника, перевіряють герметичність газової системи стисненим повітрям (азотом), перевіряють і за потреби регулюють вміст СО у відпрацьованих газах під час роботи двигуна на газі і бензині.

Під час ТО-2 автомобілів, що працюють на стисненому газі, перевіряють регулювання редукторів (високого й низького тиску), роботу манометрів та електромагнітних клапанів.

Під час СТО автомобілів, що працюють на скрапленому газі, перевіряють тиск спрацювання запобіжного клапана газового балона, продувають трубопроводи стисненим повітрям, перевіряють роботу обмежувача максимальної частоти

обертання колінчастого вала двигуна й манометра. Один раз у два роки потрібно виконати гідравлічні та пневматичні випробування балона з арматурою.

Питання для самоконтролю

1. Як відрізняються між собою за способом утворення суміші палива з повітрям системи впорскування?
2. Які операції ЩТО системи живлення газобалонних автомобілів?

3.6.2. Призначення, загальна будова і робота системи живлення дизельних двигунів

Система живлення дизеля забезпечує подавання в циліндри палива й повітря (окремо) і відведення з них продуктів згоряння в навколишнє середовище.

На дизелях використовують два типи паливних систем. Найбільш поширена паливна система роздільного типу, в якій форсунка і паливний насос розміщені на відстані і з'єднані між собою паливопроводом. Другий тип ґрунтується на використанні насосів-форсунок, в яких насос і форсунка об'єднані в одному агрегаті.

На сучасних дизельних двигунах зберігається тенденція збільшення застосування системи живлення Common Rail.

На вітчизняних тракторних дизелях частіше застосовують паливну систему розділеного типу.

Система паливоподачі дизелів складається з ліній високого і низького тиску.

Вимоги до паливних систем:

- має забезпечувати подачу чітко дозованих порцій палива до циліндрів дизеля відповідно до порядку роботи за малий проміжок часу (0,001 – 0,01 с) під високим тиском;
- подавання палива до циліндрів здійснюється у чітко задані моменти робочого циклу;
- параметри впорскування мають відповідати найкращій організації робочого процесу у кожній точці робочих характеристик двигуна;
- паливна апаратура має забезпечувати рівномірну подачу палива у всі циліндри дизеля за будь-якого навантаження, через рівні проміжки часу;
- паливо має бути добре розпиленим.

У процесі роботи двигуна паливо надходить з паливного бака 3, оснащеного сітчастими фільтрами паливопроводом низького тиску крізь фільтр грубого очищення 1 до паливопідкачувального насоса 4, далі – крізь фільтр тонкого очищення 10 паливопроводом низького тиску до паливного насоса високого тиску (ПНВТ) 6, від якого паливопроводом високого тиску 7 – до форсунки 12, 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.

3.6.3. Будова та принцип дії паливних баків, паливних фільтрів, паливопідкачувальних насосів, форсунок

Паливо для живлення двигуна трактора заливають у паливний бак, місткість якого розрахована на роботу трактора без дозаправлення не менше 10 годин. Паливні баки виготовляють з листової сталі, форма їх залежить від місця встановлення і має відповідати сучасним вимогам компоновання механізмів і вузлів трактора.

Кількість палива в баці перевіряють за допомогою пластмасової прозорої трубки, мірної лінійки (її встановлюють у заливну горловину) або електричного покажчика рівня палива. Щоб запобігти коливанням тиску в паливному баці, його внутрішня порожнина сполучається із зовнішнім повітрям.

Паливний бак тракторів типу Т-150 і ХТЗ-170 (рис. 15) зварений з двох сталених штампованих половин. Бак розташований у прорізі задньої частини кабіни і закріплюється двома металевими стрічками. У паливному баці встановлено вертикальні перетинки, які підвищують жорсткість конструкції і зменшують збовтування палива під час роботи трактора. У верхній частині бака є горловина з накривкою і сітчастим фільтром. У накривці є отвір для надходження повітря в бак, від пилу її захищено дротяною плутанкою.

Поруч із заливною горловиною знаходиться отвір для пластмасової прозорої трубки.

Відбір палива відбувається через витратний кран і забірну трубку, яка виступає над днищем. Таке розташування забірної трубки запобігає всмоктуванню домішок палива, що осідають на дні. Щоб закрити кран, рукоятку крутять за стрілкою годинника до упору кульки в гніздо. Для періодичного видалення відстою призначений зливний кран, змонтований в нижній частині бака.

Робота паливної апаратури здебільшого залежить від якості фільтрації палива. Його потрібно старанно очищати від води і механічних домішок, які погіршують роботу прецизійних пар, знижують їх щільність, порушують подачу палива і чіткість

відсічки форсунок, ускладнюють розпилення палива. Наявність води у паливі спричинює корозію деталей, зависання голок розпилювачів форсунок, плунжерів у гільзах і поломку пружин.

Для захисту від механічних домішок і води на тракторних і комбайнових дизелях застосовують фільтри грубого і тонкого очищення.

Фільтри грубого очищення призначені для видалення з палива домішок розміром понад 0,05 – 0,07 мм і води. Це забезпечує тривалу і безперебійну роботу паливного насоса і форсунок. На сучасних тракторних дизелях установлюють фільтри типу ФГ, які відрізняються лише розмірами і пропускною здатністю. За конструкцією усі фільтри ФГ однакові (рис. 16).

Паливо, яке засмоктується з бака трактора насосом через паливопровід 4 і порожнистий болт, заповнює кільцеву порожнину у корпусі 6 (порожнина розташована під розподільником 7) і через вісім отворів діаметром 2 мм у розподільнику надходить у стакан 1. Паливо проходить через кільцевий зазор між фільтрувальним елементом 2 і стінкою стакана. Невелика його частина, різко змінюючи напрям, проходить через сітку фільтрувального елемента з отворами до 0,25 мм і центральний отвір й через трубопровід 5 спрямовується у підкачувальний насос. Основна частина палива, механічні домішки, краплі води за інерцією рухаються донизу, уздовж стінок стакана 1, у зону відстою кільцевим зазором між стаканом і заспокоювачем 8.

Заспокоювач відділяє порожнину з циркулюючим паливом від зони відстою і забезпечує ефективну роботу фільтра під час коливань і вібрації. У зоні відстою (за повороту пального на 180°) частинки механічних домішок і води осідають на дно стакана 1. Очищене паливо через центральний отвір заспокоювача надходить до сітки фільтрувального елемента. Відстій на дні стакана періодично зливається через отвір, закритий пробкою 9 у нижній частині фільтра.

Фільтри тонкого очищення призначені для очищення палива від дрібних механічних частинок. Найпоширеніші фільтри з паперовими фільтрувальними елементами, які забезпечують високий ступінь очищення. Конструкцію фільтра тонкого очищення палива двигунів Д-240, Д-245 тракторів МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-100 наведено на рис.19. У корпусі 3 встановлено три паперових фільтрувальних елементи 1, які зверху і знизу ущільнені гумовими кільцями 4, а на корпусі фільтра — накривку 5 з продувним вентилям. Відстій з фільтра зливається через отвір у корпусі 3, закритий пробкою 12.

Від підкачувального насоса паливо трубою низького тиску через отвір Б подається в корпус 3 фільтра тонкої очистки. Каналом фільтра неочищене паливо надходить у верхню частину фільтра. Під тиском, створюваним підкачувальною помпою, паливо проходить через фільтрувальні елементи 1. Очищене від дрібних механічних домішок і води, воно каналами Г потрапляє до отвору А і далі – до головки паливного насоса. Продувний вентиль складається з деталей 6, 7, 8 і 9 і призначений для випуску повітря з паливної системи двигуна. Під час відкручування вентиля 9 голка звільняє кульку 7, що відходить від свого гнізда, і через відкритий отвір порожнина корпусу фільтра сполучається із зовнішнім повітрям. Змішане з повітрям паливо зливається назовні через повітропровідну трубку 2.

На тракторних двигунах встановлюють [фільтр тонкого очищення палива](#) ФТ-150А (рис. 20), який складається з чавунного корпусу 7, до якого стяжними болтами 21 кріпляться дві однакові фільтрувальні секції, що працюють паралельно. Кожна секція складається з паперового фільтрувального елемента ЗФТ-75, розміщеного на штуцері 6 в стакані 4. Для ущільнення між корпусом і стаканом є кільце 20.

Внизу встановлюють запірний болт 3 з гайкою 2 і зливною трубою 1. Такий пристрій дає змогу під час технічного обслуговування відводити паливо, яке зливається з фільтрів.

Для забезпечення рівномірного подавання палива з бака до паливного насоса і подолання гідравлічного опору фільтрів і паливопроводів застосовують підкачувальний насос (помпу). Для видалення повітря із системи живлення перед пуском і для заповнення системи паливом після складання помпа обладнана ручним підкачувальним насосом. На тракторних дизелях застосовують поршневі насоси, урухомлення яких здійснюється від ексцентрика кулачкового вала ПНВТ.

Підкачувальний насос 21.1106010-02 (рис. 21) кріпиться до бокової розточки корпусу насоса високого тиску двома шпильками і складається з чавунного корпусу 3, у горизонтальній розточці якого розміщено поршень 21. Поршень притискується до штока 20 пружиною 22, яка другим кінцем впирається у пробку 6. У розточці з боку фланця по одній осі з поршнем встановлено роликівий штовхач. Ролик 17 штовхача притискується до ексцентрика вала регулятора штоком 20. У нижній частині корпусу у спеціальних розточках розміщені клапани — впускний 8 і випускний 4, притиснуті до сідел пружинами 7 і пробками 5 і 9.

Позиція а. Під час повороту ексцентрика кулачкового вала 1 ролик 2 штовхача переміщується донизу. Поршень 5 під дією пружини 3 також переміщується, донизу, в порожнині Б створюється розрідження. Клапан 7 зачиняється, клапан 8 відчиняється, і паливо з випускного клапана потрапляє в камеру Б, заповнюючи об'єм, який звільняє поршень, рухаючися донизу. При цьому поршень витискує паливо з камери А, яке через канал 6 потрапляє у нагнітальний канал і далі до фільтра.

Позиція б. Ексцентрик кулачкового вала 1 піднімається, через ролик і шток стискує пружину 3 і переміщує поршень 5 догори. Об'єм камери Б при цьому зменшується. У разі підвищення тиску клапан 8 зачиняється і паливо потрапляє до каналу 6. У цей час паливом заповнюється камера А. За наступного опускання поршня паливо з камери А через канал 6 переходить до фільтра тонкого очищення, і процес повторюється.

Позиція в. У разі підвищеного тиску в нагнітальному каналі 6 і в камері А пружина 3, переміщуючи поршень 5, зустрічає великий тиск з боку палива в камері А. Пружина не може подолати опір палива, і поршень відходить від штока 4. Розміщення поршня в цьому випадку залежить від витрати палива. Що менше його витрата, то вищий тиск у камері А, скоріше зупиниться поршень і зменшиться його робочий хід. Таким чином, обмежується максимальний тиск палива у нагнітальному каналі підкачувального насоса зарізних частот обертання кулачкового вала і різних витратах палива. У разі зниження тиску палива у нагнітальній порожнині повний хід поршня знову відновлюється.

Тиск, створений підкачувальним насосом для дизелів типу СМД-60, становить 0,22 – 0,30 МПа за частоти обертання кулачкового вала насоса 1000 – 1050 хвТ Для заповнення системи живлення дизеля паливом і видалення з неї повітря на корпусі підкачувального насоса змонтований ручний насос (рис. 3.6.21), внутрішніми каналами сполучений з підклапанною порожниною впускного клапана.

Паливо прокачують зворотно-поступальним рухом поршня ручного насоса. Під час руху поршня догори у підклапанній порожнині впускного клапана створюється розрідження, клапан відкривається і паливо надходить у циліндр ручного насоса, нагнітальний клапан, у цей час зачинений. Під час руху поршня донизу під тиском палива впускний канал зачиняється, а випускний – відчиняється, і паливо через підпоршневу порожнину підкачувального насоса надходить у нагнітальну порожнину і далі – до фільтрів тонкого очищення. При цьому разом з паливом прокачується і повітря, яке потрапило у систему за заповнення її свіжим паливом.

Якщо повітря у системі живлення немає, паливо витікає із заливної трубки фільтра за відчиненого продувального вентиля без бульбашок. Після повного видалення повітря і заповнення системи живлення паливом ручний насос відмикається від неї. Рукоятку 14 (рис.3.6.21) переміщують донизу і щільно нагвинчують на накривку циліндра 11, поршень 10 опускається на гумову прокладку і перешкоджає надходженню палива у ручний насос.

Форсунка призначена для розпилювання і розподілу палива у камері згоряння. Вона обмежує початок і кінець впорскування. На тракторних дизелях установлені безштифтові форсунки ФД-22 зачиненого типу (рис.3.6.23, а). Форсунка складається з корпусу 4 у нижній частині якого гайкою 3 закріплений розпилювач. У корпусі розпилювача 1 є чотири несиметрично розташовані розпилюючі отвори. Розміщено їх з розрахунком рівномірного розподілу палива у камері згоряння. Тому корпус розпилювача фіксується відносно корпусу форсунки у певному положенні двома штифтами 17. Голка 2 розпилювача притискується до замикального конуса корпусу пружиною 6 і штангою 5. Зусилля пружини регулюється гвинтом 9 у стакані 8. Регулювальний гвинт утримується від прогвинчування контргайкою 10. Ущільнення між корпусом форсунки 4 і ковпаком 11 забезпечується прокладкою 7. Корпус форсунки має фланець з двома отворами під шпильки кріплення.

Паливо, що надходить під тиском від паливного насоса, через штуцер і сітчастий фільтр 16 потрапляє каналом 18 у паливну камеру 15 корпусу розпилювача. Коли тиск у камері перевищує 17,5 – 18,0 МПа, голка, долаючи опір пружини 6, піднімається, і паливо через розпилюючі отвори впорскується у камеру поршня. Наприкінці впорскування голка розпилювача під дією пружини опускається, припиняючи подачу палива до розпилювальних отворів. Паливо, що просочилося у зазор між голкою і корпусом розпилювача, відводиться через отвір 13 у стакані 8 і далі, через отвір 12 ковпака 11 та поворотний кутник у паливопровід зливу.

Форсунку з однодірчастим розпилювачем, голка якого на кінці має конусний штифт, показано на рис. 3.6.23 б. Завдяки певному конусу штифта струмінь впорскуваного палива має бажаний конус розпилювання. Такі форсунки називають штифтовими.

3.6.4 Повітроочисники, впускні та випускні трубопроводи, глушник

Щоб уникнути потрапляння пилу в камеру згоряння, на тракторних двигунах встановлюють повітроочисники. За способом очищення їх поділяють на інерційні, *фільтрувальні* і *комбіновані* (поєднання двох перших). Тракторні повітроочисники розраховані на очищення повітря підвищеної запиленості. Вони мають багатоступінчасте очищення і збільшену висоту розміщення повітрозабивача.

На тракторних і комбайнових дизелях застосовують дво- і триступінчасті комбіновані повітроочисники. Триступінчаста система очищення повітря застосовується на дизелях Д-120, Д-240, Д-37Е, Д-144 і СМД-31Т. На останніх дизелях СМД застосовується двоступінчаста система, яка забезпечує коефіцієнт очищення повітря 99,95%.

На тракторних дизелях СМД- 18Н, СМД-60 для першого ступеня очищення повітря застосовують передочисник типу моноциклон. Конструкція такого передочисника (рис. 3.6.24) для дизелів СМД-18Н і СМД-60 практично однакова, а розміри через різні витрати повітря різні, тому вони взаємно не замінюються. Принцип дії передочисника: внаслідок розрідження, що виникає за такту впуску у циліндри, повітря через сітку 9 засмоктується у моноциклон, і пройшовши між лопатями завихрювача 8, набуває оберտального руху.

Під дією [відцентрової сили](#) важкі частинки пилу відлітають до стінок ковпака 4 і через щілини 5 викидаються назовні, а очищене повітря, змінивши свій рух на 180°, надходить у патрубок моноциклона 2. У такому передочиснику затримується до 60% пилу, що потрапив з повітрям.

На тракторних двигунах Д-120, Д-37Е, Д-240, Д-245 встановлюють повітроочисник (рис. 3.6.25) комбінованого типу. Він має три послідовно розташованих ступеня очищення – інерційний і два фільтрувальних.

Перший інерційний ступінь очищення (передочисник) складається з корпусу інерційної головки, труби, крильчатки і сітки.

Повітря, що засмоктується в циліндри, проходить через сітку 4 повітрозабірника і за допомогою напрямної крильчатки 3 завихрюється. Під дією відцентрових сил великі частинки пилу автоматично викидаються з повітроочисника через отвори 5. Пройшовши передочисник, через повітропровід повітря опускається донизу до масляної ванни 15. Під натиском повітряного потоку масло безперервно витискується з чаші 13 масляної ванни, частинки пилу в чаші вловлюються маслом і

разом з ним переміщуються донизу. Потік повітря після контакту з маслом очищається від пилу і зволожується. Напрямок руху повітря завдяки чаші різко змінюється, разом з краплинками масла воно проходить через фільтрувальні елементи 12, 9 і 8. Масло зволожує фільтри і сприяє кращому очищенню повітря від дрібного пилу. З фільтрувальних елементів масло стікає на стінки чаші, а далі – в піддон. Очищене повітря, пройшовши через фільтрувальні елементи, проходить патрубком 7 до циліндрів двигуна.

Очищення повітря на дизелях СМД відбувається у повітроочисниках сухого типу з фільтрувальними елементами, паперовими фільтрпатронами, встановленими один в одній. На тракторному дизелі СМД-18Н застосовують повітроочисники з горизонтальним розміщенням фільтр-патронів, а на дизелях типу СМД-60 з вертикальним (рис. 3.6.26).

Для контролю за гранично-допустимим засміченням фільтр-патронів тракторних і комбайнових дизелів передбачено індикатор ИЗВ-700 (рис. 3.6.27).

Випускна система тракторного двигуна складається з випускних колекторів, випускної труби, ежектора і глушника шуму випуску відпрацьованих газів. На сільськогосподарських тракторах найчастіше застосовують глушники з резонансною газовою камерою 6 циліндричної форми, всередині якої проходить труба 7 з кількома рядами поперечних отворів (рис.3.6.28). Від співвідношення об'єму камери, кількості й розмірів отворів та площі прохідного розрізу труби залежать резонансні коливання і ступінь поглинання шуму.

До труби глушника зверху стяжним хомутом 5 кріпиться ежектор 4, який являє собою трубу із змінним розрізом. У найменшому розрізі труби ежектора встановлено (отвором – у напрямку газів) трубку, якою передається розрідженість у пилезбирач бункера повітроочисника. Таким чином, пил і бруд відсмоктуються із бункера і

разом з випускними газами викидаються в атмосферу. Зверху ежектора встановлюють накривка З, яка за непрацюючого двигуна заслоняє випускну трубу, запобігаючи потраплянню атмосферних опадів.

3.6.5. Турбонаддув дизельного двигуна

Особливості робочого циклу дизелів з газотурбонаддуванням

У безкомпресорних дизельних двигунах циліндри заповнює повітря всього на 70 – 80%, тому що:

- до початку заповнення частину об'єму циліндра займають продукти, що залишилися від попереднього згорання;
- повітря, яке всмоктується у циліндр, нагрівається, що призводить до зменшення його щільності;
- впускна система створює значний опір, що залежить від конструкції й технічного стану механізму газорозподілу, повітроочисника та впускного колектора.

Недостатнє наповнення циліндрів повітрям не дає змоги повністю використати роботу газів. У зв'язку з цим у дизелях набувають поширення газотурбокомпресори, які, використовуючи енергію випускних газів, примусово подають повітря у циліндри. Наповнення циліндрів більшою масою повітря дає змогу спалювати більше палива і одержувати більшу (до 40%) потужність двигуна.

Робочі колеса газової турбіни і відцентрового компресора закріплені на одному валу й утворюють ротор турбокомпресора.

Гази, що виштовхуються через випускний колектор, спрямовуються на лопаті робочого колеса газової турбіни. Віддавши частину енергії на обертання ротора турбокомпресора, гази виходять через випускну трубу і глушник в атмосферу.

Внаслідок великої частоти обертання колесо компресора всмоктує повітря через фільтр, стискає його й подає через впускний колектор у циліндр двигуна.

Завдяки тому, що для заповнення циліндрів повітрям використовується енергія випускних газів, турбонаддування не тільки підвищує потужність двигуна, а й

поліпшує економічність його роботи. Застосування турбонаддування збільшує теплову і механічну напруженість деталей, у першу чергу корбово-гонкового механізму. Певна компенсація досягається застосуванням охолодника повітря.

3.6.6. Паливні насоси високого тиску (рядні й розподільні)

Паливний насос високого тиску призначений для подавання палива під тиском до форсунок (у визначений момент, за визначений час і за заданим законом) і для дозування подавання палива відповідно до режиму роботи двигуна.

Такий насос має розвивати тиск 12,5 – 17,5 МПа і більше. З найменшими ускладненнями такий високий тиск можна отримати плунжерним насосом.

Класифікація ПНВТ:

1) за кількістю насосних елементів:

- одноплунжерні;
- багатоплунжерні;

2) за способом розподілу палива:

- рядні;
- розподільні.

3) за способом дозування палива:

- з відсічкою наприкінці нагнітання;
- дроселюванням на впуску;
- об'ємні.

Рядні поділяють на секційні (УТН, ТН) і блочні (V-подібні, КамАЗ).

Рядні паливні насоси випускають правого і лівого виконання.

Маркування ПНВТ:

УТН-5АП: У – уніфікований, Т – паливний, Н – насос, 5 – номер модифікації, А – модернізований, П – правого виконання.

4ТН: 4 – кількість секцій, Л – ліве виконання, ТН – паливний насос, 8,5x10 або 9x10 – відповідно діаметр плунжера і його хід, мм, М – з малогабаритним регулятором.

Промисловість випускає уніфіковані розподільні паливні насоси типу НД для дизелів з кількістю циліндрів від 2 до 12 двох модифікацій:

1) односекційна – НД-21 для дво- і чотирициліндрових двигунів (НД-21/2, НД-21/4) ;

2) двосекційна – НД-22 для шести- і восьмициліндрових двигунів (НД-22/6).

3.6.7. Призначення та загальна будова ПНВТ секційного типу. Будова і робота насосної секції. Деталі урухомника насосної секції

Рядний паливний насос УТН-5 (універсальний, рядний, чотирисекційний) складається з корпусу 1, в якому розмішено однотипні секції. До кожного штуцера секції за допомогою накидної гайки приєднується паливопровід високого тиску для подавання палива до форсунки.

Горизонтальна перегородка ділить корпус на дві частини. У верхній просвердлено поздовжні канали, з'єднані між собою, що створює П-подібний канал, який одним кінцем сполучається з фільтром тонкого очищення палива, іншим – з підкачувальним насосом для перепускання надлишку палива, коли тиск досягне 0,07 – 0,12 МПа. У штуцері каналу є перепускний клапан 6.

У нижній частині корпусу насоса на кулькових вальницях 16 розміщений вал 17, кулачками якого урухомлюються у дію насосні секції, а ексцентриком – паливопідкачувальний насос.

До корпусу кріпиться паливопідкачувальний насос, регулятор, плита кріплення насоса 10 й установчий фланець 8.

Насосна секція складається з втулки 17, плунжера 16, нагнітального клапана 3 із сідлом 1, пружини плунжера 10, зубчастого вінця 18, роликового штовхача.

У разі розміщення плунжера 1 внизу, тобто коли на штовхач не тисне кулачок урухомлювального вала, робоча порожнина гільзи 2 сполучена з впускним отвором 3, через який вона заповнюється паливом з каналу 4.

Обертання урухомлювального вала паливного насоса зумовлює тиск кулачка на штовхач і рух плунжера вгору. Паливо витісняється з надплунжерного простору, що зменшується, назад у канал 4, поки плунжер верхнім краєм не перекриє отвір 3.

б

У разі подальшого руху плунжера догори паливо стискується в ізолюваному просторі і, як тільки тиск на нагнітальний клапан 6 знизу перевищить тиск на нього пружин 5 зверху, клапан відсунеться від сідла, відкриваючи шлях паливу через трубопровід високого тиску до форсунки.

в

Подача палива відбувається, поки гвинтовий паз плунжера не з'єднає через осьовий канал надплунжерну порожнину (тиск 30 – 50 МПа) і канал 8 (тиск у межах 0,1 МПа).

г

Внаслідок різниці тиску паливо рухається до перепускного каналу 8, тиск у надплунжерній порожнині знижується і, коли він буде меншим за тиск на нагнітальному клапані стиснутої пружини, клапан 6 притискується до сідла 7, тобто подача палива у паливопровід припиняється.

д

Кількість палива, що подається секцією до форсунки, залежить від відстані, яку проходить плунжер 1 з моменту перекриття впускного отвору 2 до моменту відкриття перепускного отвору 3 гвинтовим пазом. Зазначену відстань у процесі роботи двигуна можна регулювати, повертаючи плунжер відносно поздовжньої осі.

Для цього передбачено зубчастий вінець, з'єднаний з рейкою паливного насоса. Рейка тягами і важелями з'єднана з педаллю й важелем на посту керування машиною. Нерівномірність циклової подачі (нерівномірність подачі окремими

секціями допускається $\pm 3\%$) регулюється зміною положення плунжера відносно рейки (поворот плунжера у зубчатому секторі – УТН-5, або переміщенням на рейці хомутика, зв'язаного з поводком плунжера – ТН). Отже, початок подачі палива до форсунки – момент перекриття плунжером впускного каналу, припинення подачі – момент з'єднання гвинтового паза з перепускним каналом.

Момент початку подачі (своєчасність подачі) визначається положенням торця плунжера відносно верхньої кромки впускного каналу. За незмінного положення деталей урухомника плунжера момент початку подачі палива може бути змінений за рахунок збільшення або зменшення загальної довжини штовхача.

За збільшення довжини штовхача плунжер піднімається, раніше перекривається впускний канал і починається подача палива. Якщо штовхач укоротити, то плунжер опуститься донизу, пізніше перекриває впускний канал і починає подачу.

Для зміни загальної довжини штовхача, а отже, і моменту початку подачі палива в його корпус зверху вгвинчують регульовальний гвинт з контргайкою 1.

Якість впорскування палива залежить не тільки від тиску, а і від роботи нагнітального клапана. У разі впорскування палива у паливопроводі високого тиску може спостерігатися поширення відбитих хвиль тиску. Так, відбиті від форсунки хвилі тиску повторно відбиваються від нагнітального клапана і, змістившись до форсунки, викликають повторне підняття голки і появу додаткових впорскувань палива. Це призводить до потрапляння в циліндри двигуна великих крапель палива (в кінцевій фазі впорскування), які повністю не згоряють і дають інтенсивне нагароутворення.

Для вимикання додаткових впорскувань палива розвантажують паливопровід високого тиску і гасять відображену хвилю тиску. Ці функції виконують нагнітальні (зворотні) клапани насосних секцій.

Нагнітальний клапан відокремлює надплунжерну порожнину від паливопроводу високого тиску, зберігаючи всередині останнього паливо стиснутим. Завдяки цьому на початку подачі імпульс тиску поширюється від плунжера до форсунки із швидкістю звуку в паливі (приблизно 1500 м/см). Така передумова створює можливість своєчасного і чіткого початку наступного впорскування форсункою після кожної попередньої подачі секцією насоса. Проте, якщо залишковий тиск у паливопроводі буде надмірний, форсунка не здатна буде чітко

припиняти впорскування, а це спричинить нагароутворення.

Для розвантаження паливопроводу високого тиску й забезпечення чіткої дії форсунки призначений поясок 10 (рис. 11 д). Коли починається перепускання палива (тиск у надплунжерній порожнині різко знижується), нагнітальний клапан під дією стиснутої пружини і тиску в паливопроводі закривається. При цьому спочатку в отвір сідла входить циліндричний поясок 10 і відсмоктує, рухаючись донизу, паливо, а вже потім – конічна частина клапана. Насосна дія розвантажувального пояска зумовлює спад тиску в паливопроводі.

Підкачувальний насос створює на вході паливного насоса високого тиску тиск 0,1 – 0,2 МПа, що необхідно для стабільного подавання палива до форсунок незалежно від коливань навантаження двигуна. Як підкачувальний на тракторних дизелях застосовують поршневі насоси.

Такий насос складається з чавунного корпусу 1 (рис. 3.6.37), поршня 7, пружини 8 впускного клапана 2, штовхача 10 з пружиною, штока 5, нагнітального 9 клапана. Корпус підкачувального насоса прикріплений до стінки корпусу паливного насоса високого тиску.

Для забезпечення нормальної роботи системи живлення дизеля повітрям потрібно своєчасно і якісно виконувати операції обслуговування. Залежно від запилення повітря, зазвичай під час ТО-1 або ТО-2, необхідно перевірити і очистити вихідні щілини 5 (див. рис, 3.6.24) ковпака 4 і захисну сітку 9 моноциклона передочисника тракторних дизелів типу СМД-14 і СМД-60.

3.6.8. Регулювання і недоліки ПНВТ секційного типу

Система живлення тракторних, комбайнових і автомобільних дизелів (із механічним регулюванням), яку застосовували раніше (і використовують ще й понині), майже вичерпала свої можливості. На сучасному етапі розвитку, порівнявши роботу всіх систем живлення, слід зазначити, що система живлення з використанням насоса з механічним регулюванням має всього декілька переваг перед іншими, а саме: високу витривалість, відносно довгий термін експлуатації та невибагливість щодо пального. Про це не потрібно багато розповідати, адже така техніка пропрацювала та й працюватиме ще не один десяток років. Недоліком системи живлення з механічним регулюванням є те, що під час будь-якої зміни

витрати пального в трубопроводах від ПНВТ до форсунок виникають «пульсуючі хвилі» тиску. Такий хвильовий гідравлічний тиск може призвести до руйнування паливопроводів. У зв'язку з цим ця система має обмеження щодо тиску – не більше 300 бар (300 кг/см²). Системи цього типу з більшим значенням тиску в природі не існує.

Моральна застарілість системи подавання пального з механічним регулюванням, підвищення екологічних норм щодо викидів відпрацьованих газів (які так активно впроваджує Європа), підвищення вартості пально-мастильних матеріалів тощо є одними з основних причин, що спонукують до осучаснення таких систем.

3.6.9. Особливості будови ПНВТ двигуна КамАЗ-740

Застосування на двигунах V-подібних насосів дозволяє зменшити довжину кулачкового вала, підвищити його твердість і збільшити тиск упорскування палива до 70 Мпа.

Кут розвалу секцій насоса становить 75°. У корпусі насоса на роликвих вальницях встановлено кулачковий вал, що зацільнюється самопідтискним зацільнювачами. На передньому кінці (з боку урухомника) кулачкового вала на шпонці укріплена муфта регулювання випередження упорскування палива, утримувана від зсуву гайкою, а на задньому кінці – урухомлювальне зубчасте колесо. На шпонці встановлено фланець зубчастого колеса й ексцентрик урухомника паливопідкачувального насоса; гайка втримує ці деталі від зсуву. Рух від фланця до зубчастого колеса передається через сухарі, далі до проміжного зубчастого колеса, укріпленому на пальці, і до зубчастого колеса урухомника всережимного регулятора. Задній торець насоса накритий накривкою регулятора, на якій розташований паливопідкачувальний насос. На передньому торці корпусу насоса встановлено перепускний клапан. Зверху насос накритий накривкою, на якій є важіль керування регулятором. У насосі є дві рейки – ліва і права, з'єднані загальним важелем. За кількістю циліндрів двигуна в корпусі насоса розташовано вісім секцій, встановлених в окремих корпусах.

У секцію насоса входять такі деталі й вузли: роликвий штовхач, п'ята, тарілка,

пружина, опорна втулка, поворотна втулка, плунжер, втулка, нагнітальний клапан із сідлом і шайбою, штуцер у корпусі секції, установлений у корпусі насоса. Защільнювання між корпусом секції насоса й корпусом насоса високого тиску здійснено кільцями, зробленими з бензомаслостійкої гуми. Втулка плунжера, фіксована в корпусі секції насоса штифтом, має два отвори: впускне й пропускне. Плунжер у верхній частині має осьовий й діаметральний отвори й дві спіральні канавки.

3.6.10. Загальна будова і принцип дії ПНВТ розподільного типу. Конструкція і робота насосної секції насоса високого тиску НД-21/4. Деталі урухомника насосної секції. Переваги ПНВТ розподільного типу

Паливний насос високого тиску НД-21/4 розподільного типу ставиться на дизель Д-144, односекційний. Хід плунжера – 8 мм, діаметр – 10 мм.

Розподільні паливні насоси шестициліндрових рядних і У-подібних дизелів СМД двосекційні, з дозуванням палива шляхом зміни кінця подачі і з механічним всережимним регулятором. Паливні насоси дизелів СМД-31/31 А, СМД-66/67 і СМД-72/73 обладнані обмежувачами димлення.

Конструкцію **паливного насоса НД-22/6** дизелів типу СМД-60 наведено на рис. 40. Ці дизелі мають широкий діапазон потужностей, які забезпечуються за різних швидкісних режимів, тому заводське регулювання паливних насосів неоднакове. Паливні насоси дизелів типу СМД-60 мають різні марки. Змащення цих насосів автономне, тобто масло заливають у корпус паливного насоса через спеціальну пробку, а під час експлуатації його періодично доливають і замінюють.

Конструкція насосів розподільного типу НД-22/6 практично однакова. Корпус насоса алюмінієвий, нерозбірний, з трьома порожнинами (насосна, регуляторна і кулачкового механізму), в яких розміщені відповідно дві плунжерні пари з урухомником, регулятор, кулачковий 37 і ексцентрик 30 вали. Кулачковий вал насоса діє від зубчастого колеса розподільного вала дизеля за допомогою спеціального урухомника.

Під час обертання кулачкового вала плунжер 9 (рис. 3.6.41) здійснює зворотно-поступальний рух. Нагнітальний хід відбувається під час набігання кулачка на ролик штовхача, а хід усмоктування – під дією зворотної пружини 20. Крім того, плунжери від вала регулятора 13 через проміжну шестірню 8 (рис. 3.6.40) і зубчасті втулки 3 (рис.3.6.41) одержують обертальний рух, виконуючи при цьому роль розподільників палива по циліндрах.

Кількість подачі палива змінюється осьовим переміщенням дозатора 8 по плунжеру, що виконується регулятором через систему важелів і поводка урухомника дозатора. Вимкнення подавання палива здійснюється примусово важелем керування або регулятором за досягнення граничної частоти обертання. В обох випадках переміщення важельної системи зумовлене зміщенням дозаторів у крайнє нижнє положення. Дві секції високого тиску подають потрібну кількість палива під тиском у циліндри дизеля у певний час і у заданій послідовності. Одна секція спрямовує паливо у правий ряд циліндрів, інша – у лівий. Секція високого тиску складається з втулки 17, плунжера 9, дозатора 8, пружини 20, зубчастої втулки 3, верхньої 4 і нижньої 21 тарілок. Секції встановлюються у вертикальних гніздах корпусу насоса.

Поетапну схему роботи секції високого тиску паливного насоса наведено на рис.3.6.42. У верхній частині втулки плунжера просвердлено два всмоктувальні отвори Д для надходження палива у надплунжерну порожнину. У середній частині втулки розміщено шість радіальних отворів. Три отвори Е закриті ззовні заглушками і з'єднані внутрішніми свердловинами зі штуцерами подачі палива до циліндрів дизеля, вгвинчених у верхню частину втулки плунжера. Три отвори К-розвантажувальні і розміщені діаметрально до трьох перших.

У плунжері є центральний канал В, який з'єднує підплунжерну порожнину з розподільним пазом Г через розподільний отвір Ж і з перепускною порожниною Б дозатора через відсічний отвір А. На поверхні плунжера напроти розподільного паза Г виконано розвантажувальний паз Л. Розвантажувальні свердловини у втулці і розвантажувальний паз запобігають заїданню плунжера у втулці, врівноважуючи його від бічних сил, що виникають під час перетікання палива.

Під час ходу плунжера донизу (рис.3.6.42 а) паливо через усмоктувальні

отвори Д надходить у підплунжерну порожнину. Відсічний отвір А у цей момент зачинений дозатором. Ід час піднімання плунжера догори частина палива з надплунжерної порожнини витісняється назад через отвори Д доти, поки кромка плунжера їх не перекриє (рис. 3.6.42 б). Починається нагнітання палива. У цей момент внаслідок обертання плунжера розподільний канал Г збігається з отвором Е, і паливо подається до форсунки відповідного циліндра. Подача палива відбувається доти, поки відсічний отвір А своїми кромками не вийде з дозатора (відсічка) (рис. 3.6.42 в). Тиск у підплунжерній порожнині різко зменшується і подавання палива до циліндра припиняється. Потім цикл повторюється; паливо надходить до наступного циліндра.

Кількість палива, що подається у циліндр дизеля, визначається положенням дозатора. Що вище він встановлений, то більше палива подається до циліндра дизеля. За крайнього нижнього положення дозатора подавання палива припиняється, оскільки усмоктувальні отвори Д перекриваються плунжером після виходу із дозатора відсічного отвору А.

Таким чином, кількість палива, що надходить у циліндри, визначається тривалістю цього процесу. Початок подачі відповідає одному й тому самому моменту – перекриттю всмоктувальних отворів кромкою плунжера, а кінець – положенню дозатора. Дозатор устанавлюється у положення, що визначається регулятором за допомогою системи важелів і залежить від режиму роботи і навантаження дизеля.

3.6.11 Автоматична муфта випередження впорскування палива

Автоматична муфта забезпечує оптимальний кут випередження впорскування палива залежно від частоти обертання колінчастого вала дизеля. На тракторних дизелях типу СМД-60 використовується автоматична муфта відцентрового типу, яка складається з корпусу 6 (рис. 3.6.43), ведучої 1 і веденої 7 півмуфт з шарнірно закріпленими між їх пальцями тягарцем 8 і пружиною 2, а також регулювальних прокладок 10. Ведена півмуфта закріплена гайкою на конічному кінці вала паливного насоса, а на її маточині вільно встановлено втулку з напруженою ведучою півмуфтою 1. Зусиллями пружин тягарці притискаються один до одного. Два шипи А з'єднують з приводом паливного насоса. Під час обертання ведучої півмуфти її пальці спираються на криволінійну поверхню Б тягарців, через які

зусилля передається на вісь 9. Крутний момент, який створюється при цьому на веденій півмуфті, передається кулачковому валу насоса.

Рис. 3.6.43. Автоматична муфта випередження впорскування палива дизелів типу СМД-60:

а – конструкція муфти; б – принцип роботи; в – деталі муфти; 1 – ведуча півмуфта; 2 – пружина; 3 – защільнювальне кільце; 4 – защільнювач самопідтискний; 5 – упорний палець ведучої півмуфти; 6 – корпус муфти; 7 – ведена півмуфта; 8 – тягар; 9 – вісь тягара; 10 – прокладки регулювальні; А – шип; Б – криволінійна поверхня тягара

Із збільшенням частоти обертання колінчастого вала дизеля тягарці під дією відцентрової сили розходяться, провертаючись навколо осей. Форма криволінійної поверхні тягарців така, щоб вони в разі розходження натискали на пальці ведучої півмуфти. Потім зусилля передається на пружини 2, вони стискаються, тим самим скорочуючи відстань між пальцями ведучої півмуфти і осями веденої. У такий спосіб відбувається відносне кутове зміщення веденої півмуфти щодо ведучої, а отже, і самого кулачкового вала насоса в бік його обертання, забезпечуючи збільшення кута випередження впорскування палива.

За номінальної частоти обертання тягарці муфти розходяться до упору в стінку корпусу 6, що забезпечує найбільший кут випередження впорскування палива. При зниженні частоти обертання колінчастого вала дизеля кут автоматично зменшується.

На рис. 3.6.44 показано урухомник паливного насоса високого тиску тракторних дизелів типу СМД-60 з автоматичною муфтою, яка своїми шипами входить у пази шайби 8. Шайбу 8 за допомогою двох інших пазів, які розташовані під кутом 90° до перших, розміщують на шинах зубчастого колеса 7 урухомника ПНВТ.

3.6.12. Призначення, класифікація і принцип дії регуляторів частоти обертання колінчастого вала. Конструкція і робота однорежимного відцентрового регулятора

Під час роботи [машинно-тракторного агрегату](#) (МТА) навантаження на дизель постійно змінюється залежно від стану і властивостей ґрунту, рельєфу місцевості тощо. Значні коливання частоти обертання колінчастого вала призводять до зниження продуктивності МТА.

Щоб зберегти заданий швидкісний режим роботи двигуна за змінного навантаження, необхідно відповідно до навантаження змінювати положення рейки паливного насоса або дросельної заслінки карбюратора, збільшуючи чи зменшуючи подавання палива відповідно до рівня навантаження. Це забезпечує регулятор частоти обертання колінчастого вала двигуна. На тракторних і комбайнових двигунах використовують всережимні регулятори.

За принципом дії регулятори поділяють на:

- механічні;
- інерційні;
- пневматичні;
- гідравлічні;
- комбіновані.

За кількістю регульованих режимів на:

- однорежимні;
- дворезимні;
- всережимні.

Регулятори називають відцентровими, якщо для зміни положення рейки ПНВТ або дросельної заслінки карбюратора використовують відцентрову силу тягарців.

Для обмеження максимальної частоти обертання колінчастого вала на пусковому двигуні встановлюють регулятор однорежимний відцентровий кульковий (двигун ПД-8, ПД-10, П-350) або з тягарями на осях (двигун П-23). Валик 12 (рис.3.6.45) регулятора пускового двигуна ПД-10 і П-350 розміщено на двох пвальниціях у розточених отворах передньої частини картера двигуна. На одному кінці валика на шпонці встановлено шестірню 17 урухомника регулятора. В середній частині валика виконано нарізь, на якій нерухомо кріпиться ведучий диск 16 з

трьома прорізами і кульками 14. Між диском 16 і вальницею – упорна шайба 15, запресована в корпус картера. На іншому кінці валика 12 знаходиться рухомий диск 13, який притискує кульки 14 до упорної шайби 15.

У торець рухомого диска 13 вмонтовано кульку 10. З нею взаємодіє нижня частина двоплечого важеля 8. Верхня його частина взаємодіє з пружиною 3, встановленою між важелем 8 і втулкою 1 на регулювальному гвинті 5. Гвинт з контргайкою 7 загвинчується в корпус 4 регулятора. Гвинтом регулюють попередній стиск пружини 3, що змінює максимальну частоту обертання колінчастого вала, за якої регулятор закриває дросельну заслінку.

Двоплечий важіль 8 встановлений на осі 9 в корпусі 4 регулятора, а із зовнішнього боку корпусу на цій осі – важіль 6, з'єднаний з тягою 1, яка взаємодіє з поводком важеля осі дросельної заслінки.

Під час обертання валика 12 кульки 14 переміщуються в пазах ведучого вала 16. Зусилля від кульок передається на рухомий диск 13 і переміщує його праворуч. Кулька 10 рухомого диска 13 тисне на нижній кінець двоплечого важеля 8, який разом з важелем 6 обертається на осі 9, а верхній кінець важеля тисне на пружину 3. Положення важелів 8 і 6, тяги 1 і дросельної заслінки залежить від величини відцентрової сили, що діє на кульки 14, і зусилля пружини 3. У разі значного збільшення частоти обертання колінчастого вала кульки 13 переміщуються на максимальну величину. Верхній кінець важеля повністю стискує пружину 3, дросельна заслінка зачиняється, при цьому частота обертання колінчастого вала зменшується.

3.6.13 Будова і робота всережимного відцентрового регулятора ПНВТ типу УТН

До корпусу паливного насоса високого тиску в задній частині прикріплено механічний, всережимний регулятор, призначений для зміни кількості палива, що подається в циліндри дизеля залежно від навантаження і підтримування тим самим певної частоти обертання колінчастого вала на всіх швидкісних режимах.

Регулятор має чотири тягарці 11 (див. рис. 3.6.46), сполучених осями з маточиною, яка вільно сидить на кулачковому валу 15 паливного насоса. Вал з маточиною пов'язаний спіральною пружиною, яка зменшує нерівномірність

обертання вантажів регулятора. Упродовж хвостовика кулачкового валу вільно пересувається муфта 10 регулятора з упорним кульковою вальницею.

У корпусі задньої частини регулятора на осі встановлено основний 7 і проміжний 8 важелі. У верхній частині проміжний важіль сполучений тягою з рейкою 5 насоса. Проміжний і основний важелі зв'язані болтом, який забезпечує необхідний кутовий вільний хід між ними. Основний важіль 7 сполучений пружиною 6 регулятора з важелем управління 12. У задню стінку корпусу регулятора вгвинченої гвинт 9 номінального подавання палива (жорсткий упор) і гвинт припинення подавання палива.

Для зниження кількості незгорілих частинок палива (димності) у відпрацьованих газах дизеля і зменшення експлуатаційної витрати палива в регуляторі встановлено протидимний коректор за наддуву (на малюнку не показаний).

Пуск дизеля (схема I).

Важіль управління 3 переміщують до упору в болт 2, який регулює максимальну частоту обертання колінчастого валу двигуна. При цьому важіль пружини 4 натягує пружини регулятора 6 і збагачувача 8. Пружина регулятора переміщує основний важіль 9 до зіткнення з головкою жорсткого упору 12. Пружина збагачувача автоматично переміщує проміжний важіль 14 і рейку 5 насоса ліворуч для збільшення циклової подачі палива. Рейка з важелем 14 з'єднана тягою 7.

Робота регулятора на максимальному холостому ході дизеля (схема II)

За максимальної холостої частоти обертання колінчастого валу вантажі 1 розходяться і муфта 15, переміщуючись праворуч, через п'яту 13 впливає на основний важіль 9. Відцентрова сила вантажів регулятора 1 врівноважується зусиллям пружини регулятора, рейка займає проміжне положення, за якого забезпечується циклова подача, відповідна заданої максимальної частоті обертання дизеля. У міру збільшення навантаження дизеля знижується частоти обертання валів дизеля і насоса. Відцентрова сила вантажів зменшується, і важелі 9 і 14 під дією пружини регулятора переміщається ліворуч, в рейка – в бік збільшення подавання палива.

Робота регулятора за номінальної частоти обертання (схема III)

За номінальної частоти обертання колінчастого вала дизеля основний важіль 14 впритул підходить до голівки жорсткого упору 12. Встановлюється динамічна рівновага. Зі збільшенням навантаження понад номінальну частоту обертання колінчастого вала дизеля і насоса зменшується і проміжний важіль 14 регулятора з рейкою під дією пружини коректора 10 і штока 11 переміщається в бік збільшення подавання палива. Цим забезпечується збільшення крутного моменту колінчастого вала дизеля і долається перевантаження.

Зупинка дизеля (Схема IV)

Для зупинки дизеля важіль управління 3 відхиляють праворуч. Рейка насоса переміщається на вимикання подавання палива.

3.6.14 Будова і робота всережимного відцентрового регулятора ПНВТ типу НД

На тракторних дизелях застосовують відцентр-регулятори, які забезпечують сталу роботу двигуна; у швидкісному режимі. Схему роботи регулятора різних режимах наведено на рис.3.6.48.

Для пуску дизеля (рис. 3.6.48 а) важіль керування регулятором 4 встановлюється у положення максимального подавання палива до упору в гвинт 5. Основний важіль 10 під дією пружини пуску 2 вибирає зазор у з'єднанні з віссю 9 важеля коректора 8, займає крайнє нижнє положення і через систему важелів установлює дозатори 1 у крайнє верхнє положення, забезпечуючи необхідне для пуску дизеля збільшення циклового подавання палива. Після пуску дизеля, зі збільшенням частоти обертання кулачкового вала насоса, відцентрова сила важельців 12, долаючи зусилля пружини пуску 2 і пружини регулятора 6, переміщує муфту регулятора 11, основний важіль 10 і дозатори у бік зменшення подачі палива.

Під час роботи дизеля на **максимальній частоті** обертання холостого ходу (рис. 3.6.48, б) основний важіль 10 перебуває у такому положенні, коли відцентрова сила важельців, прикладена до нього через муфту регулятора 11, врівноважується зусиллям пружини регулятора 6 і через систему важелів установлює дозатори у положення, за якого забезпечується мінімальне подавання палива. Зазор у з'єднанні

основного важеля 10 осі 9 важеля регулятора вибраний і вони працюють як один важіль. Коректор у роботі участі не бере.

У разі **збільшення навантаження** дизеля від холостого ходу до номінальної частоти обертання (рис.3.6.48, в) частота обертання вала дизеля і насоса зменшуються. Відцентрова сила тягарців, яка діє на основний важіль 10 через муфту 11, теж зменшується. Основний важіль 10 і важіль коректора 8 під дією пружини регулятора 6 переміщуються вбік збільшення подавання палива – до зіткнення важеля коректора 8 зі штоком коректора 14, а зусилля відцентрової сили тягарців урівноважується зусиллям пружини регулятора. За збільшення навантаження важіль 8 спирається на шток коректора 14. Відповідно переміщенню важеля 10 дозатори 1 змінюють своє положення на плунжерах, змінюючи таким чином подавання палива.

У разі **перевантаження** трактора (рис.3.6.48, г) відбувається помітне зниження частоти обертання дизеля і вала насоса. Відцентрові сили тягарців зменшуються, основний важіль 10 і важіль коректора 8 під дією пружини регулятора 6 переміщується в бік збільшення подачі палива, стискаючи пружину коректора 13, переміщують шток 14 до упора в обмежувач 7. При цьому дозатори 1 одержують додатковий хід, збільшуючи подавання палива, а отже, і крутний момент дизеля. Припинення подавання палива відбувається встановленням важеля керування 6 у положення «Стоп». При цьому пружина регулятора 6 штовхає донизу основний важіль 10, який устанавлює дозатори 1 у крайнє нижнє положення – і подавання палива до форсунок припиняється.

3.6.15. Основні несправності системи живлення дизельного двигуна, їх виявлення та способи усунення. Поняття про технічне обслуговування та регулювання

Надійна робота дизеля залежить від технічного стану системи живлення. Несправності паливної апаратури призводять до втрати потужності, перевитрати палива, підвищеної димності і токсичності відпрацьованих газів, зниження продуктивності машин і часто до виходу двигуна з ладу.

Технічне обслуговування паливних фільтрів полягає у зливанні відстою палива, промиванні фільтрувальних елементів без розбирання фільтрів або з повним розбиранням фільтра грубого очищення, промивання корпусів фільтрів тонкого

очищення палива і заміни паперових фільтрувальних елементів.

У процесі експлуатації необхідні періодична перевірка і додавання масла у картер насосів. Під час виконання ТО-3 міняють масло і промивають корпус ПНВТ дизельним паливом. Паливні насоси типу ЛСТН і НД рядних дизелів СМД обладнані циркуляційним змащенням, тому перевірка рівня і доливання масла у картер насосів під час експлуатації не потрібна. Відчиняти, регулювати, міняти, деталі насоса або регулятора в польових умовах забороняється. За ознак ненормальної роботи насоса чи регулятора насос треба зняти і відправити до ремонтної майстерні. При цьому трубку високого і низького тиску, штуцери насоса, форсунки треба захистити від забруднення, застосовуючи спеціальні гайки-ковпачки і захисні трубки.

Паливні насоси високого тиску регулюють на стендах СДТА-1, СДТА-2, СДТА-3 (КИ-921М), Моторпал (Чехія), Мінор (Угорщина), обладнаних паливними фільтрами і робочими еталонними форсунками. Перевірку і регулювання наливних насосів мають виконувати кваліфіковані фахівці у ремонтних майстернях на спеціально обладнаних робочих місцях. Допускається регулювання ПНВТ з перевіреними форсунками, знятими з дизеля.

Догляд за форсунками полягає в періодичному очищенні їх розпилювачів від нагару і перевірки тиску на початку впорскування, а також якості розпилювання палива. Ці роботи виконують під час проведення ТО-3, якщо потреба в цьому не виникла раніше, в разі зниження потужності або підвищеного димлення. У знятій з двигуна форсунці потрібно зняти гайку кріплення розпилювача, витягти його і очистити від нагару дерев'яним скребком, отвори розпилювача прочистити за допомогою спеціального пристосування. Якщо отвори не піддаються очищенню, необхідно покласти розпилювач на кілька годин у чистий гас, потім знову очистити їх. Корпус розпилювача необхідно промити у гасі та дизельному паливі. Якщо промиванням розпилювач відновити не можна, його замінюють. На дизель установлюють розпилювачі тільки одної групи пропускної спроможності, забороняється застосовувати розпилювачі інших марок, не призначених для цього дизеля.

Нові розпилювачі перед установленням у форсунку розконсервують, промиваючи їх у бензині або підігрітому дизельному паливі. Голка, змочена дизельним паливом, має під власною вагою опускатися у своє гніздо. Щоб у розпилювач не потрапив пил, голку вставляють, зануривши у чисте дизельне паливо. Склавши форсунку, її перевіряють на тиск впорскування та на якість розпилення.

Перевірку та регулювання форсунки провадять на спеціальних приладах КИ-3333, КП 1609А, але це можна зробити і на двигуні, за допомогою максиметра або еталонної форсунки.

Для забезпечення нормальної роботи системи живлення дизеля повітрям потрібно своєчасно і якісно виконувати операції обслуговування. Залежно від запилення повітря, зазвичай під час ТО-1 або ТО-2, необхідно перевірити і очистити вихідні щілини 5 ковпака 4 і захисну сітку 9' моноциклона передочисника тракторних дизелів типу СМД-14 і СМД-60.

Під час ТО-2, а у випадку спрацювання індикатора ИЗВ-700 і раніше, обов'язково здійснюють очищення фільтр-патронів повітроочисників. Для цього знімають фільтр-патрони і продувають стиснутим повітрям спочатку усередині, а потім ззовні до повного видалення пилу. Щоб не розірвати паперову штору, тиск повітря не має перевищувати 0,2 – 0,3 МПа. При цьому потік повітря слід спрямувати під кутом до бічної поверхні фільтр-патрона і регулювати тиск повітря зміною відстані від наконечника шланга до поверхні фільтр-патрона.

За відсутності стиснутого повітря, а також у випадку замащення або забруднення основних фільтр-патронів продуктами згоряння їх необхідно занурити на 2 год у мийний розчин, добре прополоскати у цьому самому розчині 20 хв, а потім промити чистою водою, нагрітою до температури 35 – 45 °С, і сушити протягом 24 год. Промивають фільтр-патрони також у випадку, якщо після продування стиснутим повітрям вони не відновляються. Мийний розчин готують з мильної пасти ОП-7 або ОП-10 (ГОСТ 8433 – 81) і води, нагрітої до 40 – 45 °С, з розрахунку 20 г пасти на 1 л води. Допускається використовувати для промивання фільтр-патронів універсальний пральний порошок, пасту, господарське мило, розведене у теплій воді (100 г мила на 10 л води). Мильний розчин необхідно профільтрувати.

Обслуговування запобіжних фільтр-патронів з паперовою фільтрувальною шторою аналогічне основним фільтр-патронам. Забороняється продувати основні фільтр-патрони випускними газами або промивати дизельним паливом.

Роботу турбокомпресора перевіряють після пуску дизеля. Турбокомпресор працює нормально, якщо прослуховується характерний звук високого тону (свист). Технічний стан турбокомпресора рекомендується перевіряти також за вибігом ротора після зупинки дизеля. Для цього, після 2 – 3 хв роботи дизеля на мінімальній

частоті обертання холостого ходу, його виводять на максимальну частоту обертання холостого ходу, припиняють подавання палива і прослуховують вибіг ротора турбокомпресора. Рівний, поступово затихаючий звук від обертання свідчить про нормальний стан турбокомпресора. Тривала робота дизеля на холостому ходу або з незначним навантаженням не рекомендується, оскільки це призводить до замащення порожнини компресора.

Перед зупиненням дизеля після тривалої роботи і під навантаженням його на 3 – 5 хв залишають працювати на холостому ходу для охолодження деталей турбокомпресора мастилом. У разі різкого зупинення дизеля після зняття навантаження і без переходу на режим холостого ходу охолодження деталей турбокомпресора мастилом погіршується, що може призвести до заклинювання ротора у вальниці, перегріву ущільнювальних гумових кілець і втрати пружності кілець газомасляного лабіринтного ущільнення.

Одна з причин зменшення потужності дизеля і підвищеного димлення — зниження тиску наддування внаслідок витoku стиснутого повітря або випускних газів. У цьому випадку необхідно перевірити щільність шлангового з'єднання турбокомпресора із трубопроводами повітряного радіатора, затяжку гайок, кріплення турбокомпресора до випускного колектора і стан прокладки.

Причинами підвищеного викиду масла з компресора може бути спрацювання защілювальних кілець і канавок защілювання ротора турбокомпресора.

Питання для самоконтролю

1. Як відбувається процес сумішоутворення в дизельних двигунах. Особливості сумішоутворення при надуванні повітря.

2. Які особливості будови і принципу дії системи живлення дизельного двигуна. Призначення, розміщення та взаємодія приладів системи живлення дизельного двигуна

3. Будова та принцип дії паливних баків, паливних фільтрів, паливopідкачувальних насосів, форсунок

4. Повітроочисники, впускні та випускні трубопроводи, глушник.
5. Конструкція і принцип дії турбокомпресора.
6. Класифікація паливних насосів високого тиску.
7. Призначення та загальна будова ПНВТ секційного типу. Будова і робота насосної секції. Деталі приводу насосної секції.
8. Регулювання і недоліки ПНВТ секційного типу.
9. Особливості будови ПНВТ двигуна КамАЗ-740.
10. Загальна будова і принцип дії ПНВТ розподільного типу. Конструкція і робота насосної секції насоса високого тиску НД-22/6. Деталі урухомника насосної секції. Переваги ПНВТ розподільного типу.
11. Автоматична муфта випередження впорскування палива.
12. Призначення, класифікація і принцип дії регуляторів частоти обертання колінчастого валу. Конструкція і робота однорежимного відцентрового регулятора.
13. Будова і робота всережимного відцентрового регулятора ПНВТ типу УТН.
14. Будова і робота всережимного відцентрового регулятора ПНВТ типу НД.
15. Основні несправності системи живлення дизельного двигуна, їх виявлення та способи усунення. Поняття про технічне обслуговування та регулювання.

3.7.1. Види тертя рухомо сполучених деталей двигуна

Взаємне переміщення рухомо сполучених деталей під час роботи двигуна супроводжується тертям, витратою енергії та виділенням теплоти.

Спрацювання поверхонь призводить до збільшення зазорів у рухомих сполученнях деталей та полумок. Залежно від стану поверхонь, що стикаються, тертя може бути сухим, рідинним, граничним.

Сухе тертя характеризується тим, що робочі поверхні деталей абсолютно сухі і безпосередньо стикаються одна з одною. Робота механізмів за сухого тертя супроводжується руйнуванням мікроступів спряжених поверхонь, значними витратами енергії, спрацюванням і виділенням теплоти. Сполучені рухомі поверхні змащують.

Тертя між робочими поверхнями, відокремленими достатньо товстим шаром оливи (4–6 мкм), називають **рідинним**. У цьому разі виключається безпосередній контакт поверхонь, зменшується потрібна для взаємного переміщення деталей сила та значно знижується їх спрацювання. У двигунах рідинне тертя має місце переважно у вальниці колінчастого вала на робочих режимах.

Тертя, за якого робочі поверхні відокремлені тонкою плівкою оливи (<1 мкм), яка утримується силами молекулярного притягання, називають **граничним**.

Надійність забезпечення рідинного тертя залежить від в'язкості оливи, швидкості руху поверхонь і навантаження на них. Рідинне тертя зменшує витрати енергії на подолання сил опору руху в 10–15 разів.

3.7.2. Система мащення двигуна

3.7.2.1. Призначення, будова та принцип дії системи мащення

Система мащення забезпечує безперервну подачу оливи до всіх деталей механізмів і систем, між якими в процесі роботи виникає інтенсивне тертя. Олива, що подається на тертьові поверхні деталей, зменшує тертя, промиває деталі від продуктів спрацювання, захищає деталі від корозії, ущільнює і частково охолоджує їх.

Залежно від способу подачі оливи на тертьові поверхні деталей існують такі системи мащення: розбризкуванням, під тиском і комбінована.

На сучасних тракторних і автомобільних двигунах застосовують **комбіновану систему мащення**, яка забезпечує під тиском мащення корінних і гонкових

вальниць колінчастого вала, вальниць розподільного вала, валиків і коромисел клапанів. Циліндри, поршні, розподільні шестерні та інші деталі змащуються розбризкуванням. Штанги, поверхні штовхачів і кулачків розподільного вала змащуються самопливом.

Комбінована система мащення працює таким чином

Через маслозаливну горловину 16 олива заливається в піддон картера, який є резервуаром для масла. Рівень масла в піддоні картера заміряють масломірною лінійкою, на якій є дві позначки, позначені літерами «П» і «Н» або без них. Рівень масла має бути в межах цих позначок. З піддона картера масло зливається через отвір, який закривається різьбовим короком 17.

Під час роботи дизеля обертання від колінчастого вала через проміжну шестірню передається на шестерні масляного насоса 2. Шестерні насоса обертаються, утворюючи в патрубці від масляного насоса до маслоприймача 18 розрідження. Під дією розрідження масло надходить з піддона картера через маслоприймач до шестерень насоса. У маслоприймачі здійснюється попереднє очищення масла.

Шестернями насоса масло нагнітається і подається під тиском каналом до масляного фільтра 6. Якщо фільтр не працює або забитий канал, то тиск масла в каналі підвищується; кулька редукційного клапана 3 стискає пружину і масло через редукційний клапан надходить знову в піддон картера. Якщо фільтр діє, то він очищає масло від металевих і мінеральних часточок (тонке очищення масла). Після фільтра масляний потік розділяється на дві частини: більша частина масла по трубопроводом потрапляє до масляного радіатора 8, а менша для приведення в дію фільтра — стікає в піддон картера.

За нормального температурного режиму двигуна масло в радіаторі охолоджується і надходить в головний масляний канал. Якщо трубки радіатора забиті або зростає опір проходженню масла в холодний період року через його надмірну в'язкість, то редукційний клапан 7 спрацьовує і перепускає масляний потік повз радіатор в головний масляний канал.

Від головного масляного каналу внутрішніми каналами і отворами в блоку картері масло надходить під тиском для мащення вальниць проміжної шестерні 5, корінних шийок колінчастого вала 15, опорних шийок розподільного вала 10, валика коромисел 12. Внутрішніми каналами у щоках і корінних шийках колінчастого вала масло потрапляє до порожнин гонкових шийок і вальниць. У деяких двигунів масло

отворами у стрижні гонка надходить для мащення поршневого пальця і вальниці верхньої головки гонка. Тиск масла в головному каналі вимірюється манометром 11, встановленим на щитку приладів у кабіні трактора. За підвищення тиску в головному каналі спрацьовує редуційний клапан 9.

У порожнинах гонкових вальниць під дією відцентрових сил масло очищається від сторонніх домішок, які осідають на стінці порожнини у вигляді спресованої маси. Маса з порожнин видаляється під час капітального ремонту двигуна. Для мащення валика коромисел масло пульсуючим потоком йде каналами в блоці і головці блока, проходить радіальний отвір в опорній шийці розподільного вала і через отвір каналу головки блока потрапляє до пустотілого стояка валика коромисел, потім отворами — у порожнину валика, а звідти через отвори надходить до втулок коромисел і від них — до регулювальних гвинтів і штанг.

Масло, яке витискується із вальниць валика коромисел розбризкується коромислами, і в об'ємі між головкою блока і накривкою головки блока утворюється масляний туман. Масляним туманом змащуються зовнішні поверхні деталей, розташовані в цьому об'ємі, штанги і поверхні головки блока та її накривки. Масло, яке витісняється із вальниць розподільного і колінчастого валів у вигляді краплин, повертається в піддон картера. Краплини масла зустрічаються з колінчастим валом, який обертається, і розбиваються ним до туманоподібного стану. Масляним туманом, утвореним в картері, змащуються зовнішні поверхні колінчастого і розподільного валів, штовхачі, штанги, гонки, гільзи циліндрів, поршні і поверхні блок-картера.

3.7.2.2. Функціональна схема роботи системи мащення

Як у більшості сучасних автотракторних двигунів в дизелі СМД-60 застосовано комбіновану систему мащення, за якої частина деталей змащується примусово, а інші – розбризкуванням і самопливом.

Циркуляція масла в системі забезпечується основним масляним насосом та передпусковим насосом на режимі пуску і здійснюється у такий спосіб.

Передпускове мащення дизеля

У системі мащення передбачене примусове передпускове прокачування масла. Необхідність такого прокачування масла зобумовлюється тим, що під час пуску двигуна, коли основний масляний насос ще не забезпечує подачі масла, тертьові поверхні, а особливо вальниці колінчастого вала, працюють без змащення. Внаслідок цього під час пуску спостерігається підвищене спрацювання вальниць і збільшується небезпека їх пошкодження.

Для передпускового прокачування масла використовують одно-секційний масляний насос 34 (див. принципову схему) шестеренчастого типу, який урухомлюється в дію пусковим двигуном і забезпечує подачу 13 л/хв масла за частоти обертання 2080 хв^{-1} .

Протягом 1 – 2 хв роботи пускового двигуна в режимі прогрівання тиск у масляній магістралі основного двигуна підвищується до 0,05 – 0,10 МПа. У корпусі насоса встановлено перепускний кульковий клапан 36, відрегульований на тиск 1,2 МПа. Спрацювання клапана спрямовує рух масла із нагнітаючої порожнини насоса у всмоктувальну.

Після запуску основного дизеля і вимкнення пускового двигуна, тиск, який створюється основним масляним насосом, зростає до 0,04 – 0,05 МПа, тоді зворотний клапан перекидає доступ масла з основної магістралі до насоса передпускового прокачування.

3.7.3. Будова і робота елементів системи мащення

3.7.3.1. Піддон блок-картера і масляний насос

Піддон картера являє собою резервуар для зберігання масла. Рівень масла в піддоні контролюється за допомогою щупа, на якому нанесено позначки максимально і мінімально можливого рівня. З піддону масло надходить через маслоприймач з сітчастим фільтром до масляного насосу. Об'єм системи змащення легкового автомобіля, залежно від обсягу і типу двигуна може становити від 3,5 до 7,5 літрів.

Залежно від конструкції двигуна тиск масла в ньому має становити від 2 до 15 бар.

Масляний насос слугує для створення необхідного тиску в системі мащення і подачі масла до тертьових поверхонь. Масляний насос може мати привід від колінчастого вала, розподільного вала або додаткового привідного вала.

На сучасних автотракторних двигунах застосовують шестеренчасті масляні насоси.

Під час роботи шестерні обертаються в різні боки і захоплюють олію з піддону і переносять його в западинах між зубами в масляну магістраль.

Робота шестеренчастого насоса

В автомобільних двигунах переважно застосовують шестеренчасті насоси через простоту і дешевизну. Вони є двох типів: із зовнішнім і внутрішнім зачепленням.

За підвищення частоти обертання колінчастого вала продуктивність насоса пропорційно зростає, водночас споживання масла самим двигуном змінюється незначно. Крім того, шестерні насоса не створюють високого тиску, віднімають до 8% потужності мотора і не завжди здатні забезпечити роботу систем сучасного автомобіля (наприклад, систем зміни фаз газорозподілу). Тому було розроблено масляні насоси регульованої продуктивності, які здатні створювати більш високі значення тиску масла, віднімають менше потужності у двигуна і забезпечують сталість тиску в системі, незалежно від оборотів колінчастого вала.

До таких конструкцій належать, наприклад, [пластинчастий](#) (шиберний) насос.

Пластинчастий (шиберний) насос

У деяких двигунах встановлюють двосекційні масляні насоси. Перша секція призначена для подачі масла в систему мащення двигуна, друга – для подачі масла в масляний радіатор.

Для запобігання руйнуванню масляних магістралей у системах змащення з нерегульованим насосом служить **редукційний клапан**. Найпоширеніша конструкція являє собою плунжер і пружину, встановлені в корпусі з отворами. За надлишкового тиску в системі плунжер, стискаючи пружину, переміщається, і частина масла надходить назад в піддон картера. Тиск, при якій спрацьовує клапан, залежить від жорсткості пружини. Встановлюється редукційний клапан на виході масляного насоса. У деяких системах встановлюють редукційний клапан в кінці

масляної магістралі – для запобігання коливанням тиску за зміни гідравлічного опору системи і витрати масла.

Рис. 3.7.8. Редукційні клапани

3.7.3.2. Фільтри системи мащення

Якість масла у двигуні знижується з плином часу, оскільки воно засмічується дрібними часточками металу, які з'являються внаслідок спрацювання металевих деталей двигуна, а також часточками нагару, утвореними на стінках циліндрів. До того ж за високих температур відбувається процес коксування масла і утворюються часточки лаків і різних смол. Усі ці домішки є шкідливими і чинять істотний вплив на прискорення спрацювання деталей автомобіля. Для очищення масла від шкідливих домішок у системі мащення встановлюються **фільтри**.

На сучасних двигунах застосовують багатоступеневе очищення масла із використанням фільтрів грубого і тонкого очищення.

Фільтрами грубого очищення масла є металева сітка маслозаливної горловини і металева сітка, встановлена в корпусі маслоприймача.

Фільтри тонкого очищення очищують масло від механічних часточок невеликого розміру (до 2 – 3 мкм) і смолистих речовин. Фільтрувальні елементи таких фільтрів переважно паперові, бувають змінні.

Рис. 3.7.9. Фільтри автомобільних двигунів:

а – загальний вигляд; б – змінний фільтрувальний елемент; в – розріз фільтрів; г – будова

Робота фільтра тонкої очистки масла

На тракторних двигунах такими фільтрами є центрифуги з частотою обертання ротора $5000 - 9000 \text{ хв}^{-1}$ (об/хв).

Залежно від характеру сил, які обертають ротор, центрифуги буває реактивними або активно-реактивними. Центрифугу, яка встановлена в системі так, що через неї проходить весь потік масла після масляного насоса, називають **повнопоточною**.

Центрифуга, через яку проходить частина масла, називається **неповнопоточною**.

Масло, яке під тиском подається до каналів Н насадки 7, за дотичною лінією спрямовується на великій швидкості в порожнину НП колонки. Потік масла створює активний момент, який змушує ротор обертатися. Потім отворами в колонці масло рухається в порожнину ротора, де під дією відцентрових сил очищується від домішок.

Очищене масло піднімається у верхню частину ротора і тангенціальними каналами В колонки спрямовується у порожнину ВП, розташовану між колонкою 8 і віссю 1. Під час проходження масла через канали В також виникають реактивні сили, крутний момент яких збігається з активним моментом насадки 7. Ці два моменти обертають ротор. Масло з порожнини ВП каналами осі 1 надходить в масловідвідну трубку 6 і далі – в головну магістраль.

3.7.3.3. Масляні радіатори системи мащення

Для нормальної роботи двигуна температура масла в системі мащення має бути 70 – 85°C. У разі нагрівання масла вище 90°C його в'язкість значно знижується, воно випаровується, гірше охолоджує і змащує деталі. Зростають його витрати. Масляний радіатор забезпечує зниження температури масла на 10 – 20°C.

На двигунах з повітряним охолодженням радіатор (змійовик) з ребрами встановлюють під кожухом вентилятора, перед циліндрами.

Масляні радіатори двигунів з рідинним охолодженням подібні за конструкцією, але відрізняються за розмірами, кількістю охолоджувальних трубок та способом їх розміщення.

3.7.3.4. Контрольні пристрої системи мащення

Роботу системи мащення контролюють такими приладами і пристроями:

- рівень масла у піддоні картера *масломірною лінійкою*;
- тиск масла в головній магістралі електричним або механічним (мембранним) манометрами та сигнальними (індикаторами) лампочками;
- температуру масла — дистанційними термометрами.

На всіх дизелях встановлено масломірні лінійки, на більшості дизелів з рідинним охолодженням контролюється лише тиск масла, на дизелях з повітряним охолодженням – тиск і температура масла.

Дистанційні манометри є електричні і трубчасті.

Електричний [манометр](#) складається з датчика і показчика, увімкнених в електричну схему.

Корпус датчика 6 вкручується в остов. До нього каналом підводиться масло із головного масляного каналу. Між корпусом і накривкою датчика встановлено діафрагму 4. З одного боку на діафрагму тисне масло, з іншого вона з'єднана з рухомим контактом 7 реостата 5. Один кінець реостата з'єднаний з мінусовою клемою акумуляторної батареї, другий – з плюсовою.

У корпусі електромагнітного показчика встановлено екран, три котушки 3, рухомий магніт зі стрілкою 2, закріпленою рухомо на осі, і нерухомий магніт для встановлення стрілки на нульову позначку шкали. Екран запобігає впливу побічних магнітних полів на роботу показчика.

Під час роботи електричної схеми [струм](#) у котушках 3 залежить від положення рухомого контакту 7 на реостаті 5, а самого контакту 7 – від тиску в системі. У разі під'єднання струму до котушок 3 утворюється сумарне [магнітне поле](#). Взаємодіючи з ним, стрілка 2 встановлюється у відповідне положення, пропорційне тиску в головній масляній магістралі.

На сучасних автомобілях для контролю тиску масла в системі мащення встановлюється датчик з контрольною лампою червоного світла на панелі приладів. Її миготіння або світіння під час роботи двигуна сигналізує про зниження тиску. У цьому випадку двигун необхідно негайно зупинити. У деяких автомобілях датчик тиску масла може бути пов'язаний з блоком управління, який за небезпечного зниження тиску сам зупиняє двигун. Крім контрольної лампи, у комбінацію приладів іноді вмикають включатися показчик тиску масла і показчик температури масла. На деяких сучасних автомобілях, крім датчика тиску, ставлять і датчик контролю рівня масла разом з контрольною лампою рівня.

3.7.4. Вентиляція картера двигуна

Під час роботи двигуна через нещільності між поршневыми кільцями, поршнем і гільзою циліндра в картер надходять пальна суміш і відпрацьовані гази, які містять пари палива, води і сірчистого газу. Пари палива, які конденсуються на стінках

циліндра і потрапляють у піддон картера, розріджують масло. Пари води, конденсуючись у піддоні картера, утворюють піну і емульсії. Сірчистий газ, сполучаючись з водою, яка є в маслі, утворює сірчану кислоту. Кислота, потрапляючи з маслом на робочі поверхні деталей, роз'їдає і прискорює їх спрацювання.

Для виведення газів із картера застосовується система вентиляції картера двигуна. В сучасних автомобільних карбюраторних двигунах застосовують примусову систему вентиляції картера, на дизелях тракторів вентиляція відбувається за допомогою сапуна. Його встановлюють у заливній горловині системи мащення або окремо на накривці головки циліндрів, він сполучає картер з атмосферою. За рахунок різниці тисків в картері й атмосфері газу виходять із картера, що зменшує дію парів палива, води і відпрацьованих газів на масло і запобігає можливості витікання масла через зазори в площинах рознімання деталей. У корпусі сапуна встановлено фільтр, переважно із дроту, який утримує краплі масла.

Повітря з впускного тракту через шланг системи вентиляції надходить у картер, де змішується з картерними газами, а потім через клапан знову прямує у впускний колектор. Продуктивність системи залежить від навантаження двигуна. За малих обертів розрідження на впуску високе, плунжер клапана системи вентиляції відкритий небагато, тому і кількість проривних картерних газів невелика. Зі збільшенням обертів розрідження спадає, і клапан відкривається на більшу величину – відповідно і збільшується обсяг проривних картерних газів. Масловіддільник запобігає потраплянню масляного туману у впускний тракт і, відповідно, в циліндри двигуна. У масловіддільнику швидкість проходження картерних газів спочатку сповільнюється, а потім вони приводяться в обертальний рух. Як результат краплі оливи осідають на стінках і стікають в піддон.

3.7.5. Мастило для двигунів

[Вітчизняна нафтопереробна промисловість](#) випускає такі масла:

За групами масла

- Б – для малофорсованих двигунів (ступінь стиску від 6 до 8)
- В – для середньофорсованих двигунів (ступінь стиску від 8 до 10)
- Г – для високофорсованих двигунів (ступінь стиску від 10 до 12)

За в'язкістю мастила

Масла мають такі [класи в'язкості](#) 8, 10, 12, 16, 18, 20. В'язкість вимірюється в стантистоксах за 100 °С. Що менше число, то масло густіше. Зимомою рекомендовано застосовувати мастило з меншою в'язкістю (наприклад 10, 12) а влітку з більшою в'язкістю (8)

Масла позначаються М-10Г1

Індекс 1 означає, що масло призначене для карбюраторних двигунів, 2 для дизельних, М – моторне, 10 клас в'язкості мастила Г1 для високофорсованих карбюраторних двигунів. Також є всесезонні масла. Наприклад, маркування М-8/10 Г1 це означає, що влітку масло має властивості масла класу 8 а взимку – класу 10.

За кордоном прийнято класифікувати масла за в'язкістю за системою, розробленою Товариством автомобільних інженерів США ([Society of Automotive Engineers – SAE](#)). На полицях автомагазинів ви побачите каністри з маслами, які мають маркування 5W-40, 10W-40 і т.д. У такому маркуванні перше число і літера «W» (Winter – зима) свідчать про приналежність мастила до так званого зимового, низькотемпературного класу в'язкості. Перша цифра вказує, наскільки легко масло прокачуватиметься системою мащення, тобто як швидко надійде до робочих поверхонь деталей, і скільки енергії акумуляторної батареї буде витрачено на урухомлення стартера (в'язкість за 40°C). Що менше перша цифра, то легше пуск двигуна на морозі. Влітку ж масло має бути більш в'язким, щоб зберігати мастильну здатність. Стандарт SAE J300 передбачає шість зимових класів в'язкості – 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, що гарантують можливість холодного пуску і достатню прокачуваність за температури від -30°C до 5°C відповідно. У літніх сортів ніякої літери в позначенні немає, з підвищенням в'язкості (за $t = 100^\circ\text{C}$) вони розподіляються за класами SAE у наступному порядку: 20, 30, 40, 50 і 60. Для водіїв, які експлуатують автомобіль цілий рік, використовувати сезонні сорти масел не вигідно через часті заміни. Тому застосовують всесезонні сорти, у маркуванні в'язкості яких після літер SAE спочатку вказують зимовий показник, а потім літній. Між двома позначками зазвичай ставлять дефіс або знак дробу, а іноді нічого, наприклад, SAE 15W-40, SAE 5W/50, SAE 10W30. Що більша друга цифра, то вища в'язкість масла в літній період. Число, яке зазначено після тире, – це літній (високотемпературний) клас в'язкості, відповідає в'язкості масла за робочої температури двигуна (за 100°C). Тобто таке масло можна використовувати і взимку і влітку – воно всесезонне. Перша цифра інформує про експлуатаційні властивості масла в зимовий період, друга – в літній. Масла автомобільних двигунів бувають мінеральними, синтетичними і напівсинтетичними. Змішувати їх не можна. У разі

переходу з одного виду масла на інший систему мащення потрібно промити спеціальною рідиною.

3.7.6. Технічне обслуговування системи мащення

Під час щозмінного технічного обслуговування перед пуском двигуна або через 5 хв після його зупинки мірною лінійкою контролюють рівень оливи в піддоні картера. Він має бути в межах верхньої і нижньої позначок на лінійці (щупі). Якщо рівень оливи в піддоні картера нижчий за нижню позначку, робота двигуна забороняється. Надлишок оливи призводить до її перевитрати й може стати причиною виходу двигуна з ладу.

Для заправлення двигуна слід застосовувати оливу, рекомендовану заводом – виготовлювачем.

Регулярного очищення потребує набивка сапуна. Тиск оливи в магістралі є одним з основних показників технічного стану двигуна, тому під час його роботи потрібно стежити за показами манометра.

Номінальні значення тиску для двигунів тракторів МТЗ-80 (МТЗ-82), МТЗ-100 (МТЗ-102), Т-150 (Т-150К) та ДТ-175С становлять відповідно 0,20 – 0,30, 0,25 – 0,50 та 0,30 – 0,40 МПа, автомобілів ЗІЛ-130, ГАЗ-53 (ГАЗ-66), КамАЗ – відповідно 0,25 – 0,30, 0,25 0,40, 0,45 – 0,50 МПа.

У двигунах з повітряним охолодженням контролюють також температуру оливи в системі мащення, яка має бути 55 – 100°C.

Технічний стан центрифуги перевіряють прослуховуванням: після зупинки двигуна її ротор має обертатися не менше 30 с з характерним рівномірним шумом. Його відсутність засвідчує забрудненість центрифуги, її несправність або недостатній тиск оливи, що надходить до ротора. У цьому разі центрифугу потрібно розібрати. За наявності нашарувань на внутрішній поверхні накривки ротора їх знімають, а накривку ротора й остов промивають дизельним паливом. Жиклери очищають дротом діаметром 1,5 мм. Під час складання перевіряють легкість обертання ротора (він має обертатися легко і рівномірно), правильність розміщення й відсутність пошкоджень прокладки під ковпаком центрифуги.

Оливу в системі замінюють під час ТО-2. Її зливають відразу після зупинки двигуна через отвір у піддоні картера. Водночас перевіряють стан сітки заливної горловини й сапуна, замінюють фільтрувальний елемент фільтра тонкого очищення.

1. Назвіть види тертя. Яке призначення має система мащення?
2. Назвіть складові частини і прилади системи мащення?
3. Яка будова масляного насоса та його дія?
4. Яку будову мають масляні фільтри та як вони діють?
5. Поясніть принцип очищення масла від механічних домішок у центрифугі.
6. Які масла використовують для мащення двигунів?
7. Як перевірити технічний стан центрифуги?

3.8.1. Умови роботи і тепловий режим роботи двигуна

Однією з необхідних умов нормальної роботи двигуна є його певний тепловий стан (режим).

У процесі роботи двигуна 25 – 40% тепла, що виділяється під час згоряння паливної суміші, використовується ефективно. Більша ж частина тепла втрачається з відпрацьованими газами – до 40%, та відводиться системою охолодження – 25 системи мащення.

3.8.2. Рідинна і повітряна система охолодження: переваги і недоліки

3.8.2.1. Призначення та класифікація систем охолодження

Система охолодження призначена для відведення тепла від нагрітих деталей двигуна в довкілля, забезпечує оптимальний тепловий режим.

На сучасних автотракторних двигунах застосовують два основних типи систем охолодження, що залежать від теплоносіїв, які відводять тепло від деталей двигуна в атмосферу, що й визначило поділ системи охолодження на рідинні (водяні) й повітряні.

Рідина (вода або тосол), маючи в 20 – 25 разів більшу теплопровідність, ніж повітря, забезпечує кращу інтенсивність відведення теплоти і достатньо рівномірне охолодження деталей, тому такі системи забезпечують стабільний тепловий режим за різних швидкісних і навантажувальних режимів роботи двигуна.

Рідинні, в свою чергу, поділяють на термосифонну, в якій охолодження проходить під впливом різниці між густиною холодної і гарячої рідини, а також систему з примусовою циркуляцією рідини, яку застосовують для охолодження чотиритактних карбюраторного та дизельного автотракторних двигунів. Циркуляцію рідини забезпечує [насос](#).

Переваги та недоліки термосифонної системи охолодження:

- занадто повільна циркуляція рідини під час пуску і прогрівання двигуна;
- саморегулювання інтенсивності охолодження залежно від навантаження двигуна (під час підвищення навантаження збільшується нагрівання рідини, а відповідно і її циркуляція);
- повільна циркуляція рідини створює необхідність збільшення об'єму системи.

Термосифонну систему охолодження використовують у двотактних карбюраторних (пускових) двигунах.

Залежно від способу сполучення водяної сорочки з атмосферою системи охолодження є закриті (сполучені через пароповітряний клапан) і відкриті (мають вільне сполучення).

Переваги закритої системи:

- працює за тиску, вищого за атмосферний, тому температура кипіння також буде вищою;
- зменшує [випаровування](#) рідини, її витрату та утворення накипу.

Принцип роботи системи повітряного охолодження ґрунтується на відведенні тепла від деталей двигуна як результат обдування циліндрів і головки повітрям.

3.8.2.2. Загальна будова та робота систем охолодження

Будова і робота рідинної системи охолодження. На сучасних двигунах дуже широко застосовують закриті системи охолодження рідинного типу, внутрішні порожнини яких, як уже було зазначено, періодично сполучаються з атмосферою через пароповітряний клапан. Така система характеризується малою витратою рідини, простотою обслуговування і меншим утворенням [накипу](#).

Система рідинного охолодження складається з таких одиниць: водяна сорочка, утворена порожнинами блока та головки циліндрів, радіатора, водяного насоса (помпи), [вентилятора](#), термостата, пароповітряного клапана-датчика та покажчика температури рідини, а також патрубків, за допомогою яких з'єднують всі елементи системи.

Працює ця система в двох режимах – прогрівання (пуску) і робочому. Під час режиму прогрівання (мале коло циркуляції) охолодна рідина циркулює в водяній

сорочці, а після нагрівання до температури 70 – 75°C відкривається клапан термостата, нагріта охолодна рідина через верхній патрубок потрапляє у верхній бачок радіатора (велике коло циркуляції), де, проходячи через осердя радіатора, потоком холодного повітря, яке створює вентилятор, охолоджує і потрапляє у нижній бачок радіатора через нижній патрубок і крильчатку водяного насоса, яка разом з вентилятором урухомлюється від колінчастого вала двигуна і подає охолоджену рідину знову до водяної сорочки. Цей режим називають робочим, в якому працює постійно система, поки температура не знизиться до 70°C. За нормальної роботи двигуна під навантаженням температура води, що надходить до радіатора, становить 80 – 95 °C, а вода, що входить у водяну сорочку, 70 – 75°C, тобто у радіаторі вода знижує температуру на 10 – 20°C.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення має система охолодження автотракторних двигунів?
2. З яких вузлів і приладів складається рідинна система охолодження з примусовою циркуляцією рідини?
3. Яке призначення має термостат?
4. Яке призначення мають клапани кришки радіатора?
5. Як видалити накип з системи охолодження?
6. Як перевірити справність роботи термостата?

3.9.1. Призначення систем пуску. Вимоги до систем пуску

Система пуску двигуна призначена для запуску основного двигуна.

Для пуску двигуна внутрішнього згорання потрібно провертати його колінчастий вал з такою частотою обертання, за якої забезпечується добре сумішоутворення, достатній стиск і надійне запалювання пальної суміші.

Мінімальну частоту обертання колінчастого вала двигуна, за якої відбувається надійний пуск, називають пусковою. У карбюраторних двигунах пускова частота обертання колінчастого вала має забезпечувати: приготування легкозаймистої

робочої суміші, яка перебуває у межах займання; отримання достатньо потужної іскри, здатної запалити стиснену робочу суміш; отримання такої енергії перших спалахів робочих ходів, якої було б достатньо для розгону колінчастого вала двигуна до мінімальної частоти стабільного обертання.

У дизелях пускова частота обертання колінчастого вала має забезпечувати інтенсивне стискання повітря в циліндрах з метою підвищення його температури і активного змішування з паливом, а також дрібне розпилювання палива у разі впорскування форсунками, що забезпечить надійне займання. За малої частоти обертання процес стискання відбувається відносно повільно, що є причиною підвищеного [теплообміну](#) між стисненим повітрям і поверхнею деталей, що контактують з ним, значного витоку повітря через поршневі кільця і, як наслідок, недостатньо високих температур кінця стиску.

Пускова частота обертання колінчастого вала карбюраторних двигунів має становити не менш як $0,66 - 0,83 \text{ c}^{-1}$ ($40-50 \text{ хв}^{-1}$), дизелів – $2,50 - 4,16 \text{ c}^{-1}$ ($150-200 \text{ хв}^{-1}$).

3.9.2. Умови та способи запуску двигунів

Під час пуску двигуна підведена до його колінчастого вала енергія витрачається на: подолання [сил тертя](#) між деталями двигуна; урухомлення допоміжних агрегатів (водяного, масляного і паливного насосів, генератора, вентилятора тощо); подолання опору [компресії](#) в циліндрах, здійснення підготовчих тактів – випуску і впуску; розгону рухомих частин двигуна. Опір обертанню колінчастого вала залежить від багатьох чинників, зокрема від літражу двигуна, ступеня стиску і теплового стану, а також експлуатаційних властивостей мастильного матеріалу. Зі зниженням температури двигуна опір його зростає.

Розрізняють такі способи пуску двигунів: електричним стартером, допоміжним двигуном, вручну, а також пневматичними та інерційними стартерами.

Пуск електростартером найчастіше застосовують для автомобільних двигунів. Потужність, що витрачається на урухомлення електростартера, становить $0,3 - 2,0 \text{ кВт}$ для карбюраторних двигунів і $1,5 - 6,0 \text{ кВт}$ (і більше) для дизелів.

Пуск тракторних дизелів електростартером застосовують рідше, як правило, на тракторах малої потужності ([Т-25А](#), [Т-16МГ](#), Т-40А). Це пояснюється переважно

швидким розрядженням акумуляторних батарей за частих вмикань (великий розрядний струм для подолання значного опору компресії і високі пускові оберти), а також швидким руйнуванням батарей внаслідок трясіння.

Пуск допоміжним двигуном застосовують найчастіше для пуску тракторних дизелів потужністю понад 25 кВт. Це зазвичай двотактні одноциліндрові двигуни потужністю 5,5 – 9,9 кВт. Для пуску потужних дизелів іноді використовують двоциліндрові пускові двигуни, в деяких випадках – чотиритактні потужністю 14 кВт.

Пневматичні стартери – спеціальні повітряні двигуни, до яких надходить стиснене повітря з балонів. Можливий також пневматичний пуск, за якого стиснене повітря за допомогою спеціального розподільника подається безпосередньо в циліндри двигуна. На тракторах і автомобілях такі системи не використовують.

Інерційні стартери. Принцип їх роботи заснований на накопиченні [кінетичної енергії](#) в спеціальному маховику (іноді в маховику двигуна) розкручуванням його перед пуском з наступним плавним сполученням з колінчастим валом двигуна. Такі стартери хоча й потребують малопотужного джерела енергії для розкручування маховика, однак не набули поширення через свою громіздкість і складність механізму вмикання.

Система пуску за допомогою допоміжного двигуна складається з пускового двигуна 11 (рис. 1.1), редуктора 12 і механізму вмикання і вимикання урухомлювальної шестерні з вінцем маховика, до якого входять зчеплення 9, обгінна муфта 3, автомат вимикання 15 ведучої шестерні і важелі 12, 13 і 8.

Пуск допоміжного двигуна 11 здійснюється вручну обертанням маховика 16 спеціальним шнуром або електричним стартером 1. Система пуску електричного стартера має акумуляторну батарею 6, вимикач «маси» 5 і стартер 1. Після пуску двигуна шестірня стартера виходить із зачеплення з вінцем маховика 14.

Як пускові двигуни застосовують одно - і двоциліндрові двотактні або чотиритактні карбюраторні двигуни.

Після пуску допоміжного двигуна 11, перемішуючи важелі 12 і 13 праворуч, у зачеплення вводять ведучу шестерню 6 зі зубчастим вінцем 9 маховика дизеля і одночасно вмикають автомат 15 вимикання шестерні 4. Плавню перемішуючи важелі 8 і 12 ліворуч, вмикають зчеплення 9, яке з'єднує колінчастий вал пускового двигуна

11 через редуктор 10 із шестернею 4. Обгінна муфта 3 запобігає передачі обертання від маховика дизеля після початку його роботи – до пускового двигуна. Шестірня 4 при цьому виводиться із зачеплення із зубчастим вінцем 7 автоматом 15 вмикання ведучої шестерні 4.

3.9.3. Конструкція і технічні характеристики пускових двигунів

Для пуску тракторних двигунів часто використовують допоміжні пускові бензинові двигуни, обладнані силовим передавачем до колінчастого вала основного двигуна, який іноді називають редуктором. Пускові двигуни, яких у свою чергу запускають електростартерами або приладами, що дублюють пуск, мають більший енергетичний запас і незалежно від температури навколишнього середовища здатні прокручувати колінчасті вали дизелів упродовж досить тривалого часу (до 15 хв). Найпоширеніші для пуску дизелів з рідинною системою охолодження пускові двигуни ПД-10УД, П-350, П-23У, а для пуску дизелів [Д-144](#) (повітряна система охолодження) – ПД-8М.

Пусковий двигун складається з остова, корбово-гонкового механізму, систем живлення і запалювання та механізму передачі обертання від колінчастого вала пускового двигуна до колінчастого вала дизеля. Механізм передачі має зчеплення, редуктор і автомат вимикання.

Остов пускового двигуна ПД-10 складається (рис. 3.9.3) з [чавунних](#): картера 22, циліндра 7 і головки циліндра 8. Головка циліндра пускового двигуна виготовлена з [алюмінієвого сплаву](#) АЛ-10В. Картер 22 виконаний з двох частин, з'єднаних між собою болтами. Циліндр 7 кріпиться до картера шпильками і гайками, а головка циліндра 8 приєднується до циліндра 7 чотирма шпильками і гайками. Шпильки розташовані симетрично, завдяки чому головку можна встановлювати в будь-яке положення, щоб приєднати рідинний патрубок 12 сорочки охолодження 13 пускового двигуна до сорочки охолодження різних дизелів.

У картері 22 на двох роликівих вальницях установлений колінчастий вал 20, який від осьових переміщень фіксується кульковою вальницею, що є також додатковою опорою вала. Колінчастий вал розбірний, монтується разом з гонком 21 і складається з лівої і правої цапф, запресованих в отвори щік, також установлених разом з противагами. В ці отвори запресований і палець 23 корби. Кінці цапф

защільнені гумовими защільнювачами, між картером 22 і маховиком 19 встановлено додатковий повстятий защільнювач.

На кінці лівої цапфи закріплений маховик 19 з зубцями для з'єднання із [шестернею](#) електричного стартера, а також виконано кільцеву виточку і паз для закріплення і укладання пускового шнура. Маховик установлюється на корпусі, прикріпленому до картера. Корпус складається з двох з'єднаних між собою частин. Якщо стартер не працює, знімають одну половинку корпусу і пуск здійснюють шнуром.

На кінці правої [цапфи](#) закріплена шестірня 24, яка через проміжну шестірню 25 діє на механізм обертання, від проміжної працюють також шестерні урухомника магнето 33 і урухомника регулятора 32. Шестерні 24, 25 і 33 встановлюють за позначками. Всі шестерні розташовані в передній половині картера 22, накритого проміжною плитою 30. До зовнішньої частини плити 30 прикріплено магнето 26 і корпус регулятора 27.

Гонок 21 виготовлений з [легованої сталі](#) і має двотавровий поперечний переріз. У верхню головку гонка запресовано бронзову втулку і зроблено чотири отвори (два зверху і два знизу) для вловлювання і підведення масла до втулки і поршневого пальця. Нижня, нерознімна головка гонка з'єднана з пальцем корби 23 через роликову вальницю без кілець і сепараторів. Її ролики розміщені у два ряди в проточці нижньої головки, тому поверхні проточки і пальця обробляють з великою точністю, цементують і гартують. Для підведення масла до вальниці на циліндричній зовнішній поверхні головки зроблено два наскрізних прорізи і дві канавки на її торцевих поверхнях.

Поршневий палець 17 виготовлений із легваної хромистої сталі. зовнішню його поверхню цементують, [гартують](#), шліфують і полірують. Палець порожнистий, але в середній його частині є перетинка, яка запобігає прориванню пальної суміші з корбової камери 31 у впускне вікно 6 через отвір. Палець установлюють у бобишках поршня з невеликим натягом, а в бронзовій втулці верхньої головки, гонка – вільно, із зазором.

Поршень 16 виготовлений з алюмінієвого сплаву, його днище опукле для поліпшення продування циліндра. В защільнювальній частині поршня виготовлено три кільцеві канавки прямокутної форми для поршневих кілець зі спеціального

чавуну. Робоча поверхня верхнього кільця хромована. Замки кілець прями, зафіксовані в канавках латунними стопорними гвинтами, які загвинчуються в нарізний отвір канавки. Фіксація кілець запобігає потраплянню їх стиків у вікна циліндра, а також запобігає поломці. Поршневий палець у бобишках поршня фіксується стопорними пружинними кільцями. Для знімання кілець на зовнішньому боці бобишок є поздовжні канавки.

Поршень 16 в циліндрі 7 встановлюють таким чином, щоб стрілка на його днищі була спрямована до випускних вікон і маховика. За такого положення поршня стики компресійних кілець не потрапляють у вікна циліндра.

У передній частині циліндра 7 є два випускних вікна 6. Канали від них виведені до загального фланця кріплення карбюратора 5, що кріпиться до циліндра 7 двома шпильками і гайками, у протилежній частині циліндра – два випускних вікна 14. Канали від них також виведені до загального фланця кріплення глушника 18, який кріпиться до циліндра 7 чотирма болтами або шпильками з гайками. В бокових частинах циліндра симетрично розташовані два продувальних вікна 15, які знаходяться нижче від випускних вікон 14. Перепускними каналами продувальні вікна 15 з'єднані з кривошипною камерою 31.

Циліндр відлитий разом із сорочкою охолодження, з'єднаною із сорочкою охолодження головки циліндра. Сорочка охолодження 13 пускового двигуна верхнім 12 і нижнім патрубками з'єднана з сорочкою охолодження дизеля. У головку циліндра 8 вкручується свічка запалювання 10 і продувально-заливний краник 9.

Газорозподіл у пусковому двигуні здійснюється поршнем, який у відповідні моменти відчиняє і зачиняє вікна в стінках циліндра.

Система живлення пускового двигуна (рис. 3.9.3) складається з паливного бачка 1, фільтра 3 з краником 2, карбюратора 5 і трубопроводу 4. Як паливо для двигуна застосовують суміш: одна частина (за об'ємом) дизельного масла і 15 частин бензину. Кількість пальної суміші, яка надходить з карбюратора 5 в корбову камеру 31, автоматично змащується регулятором 27, що за допомогою важеля 28 і тяги 29 діє на дросельну заслінку карбюратора.

Мащення корбово-гонкового механізму здійснюється маслом, яке є в пальній суміші. Кулькова вальниця колінчастого вала, шестерні 24, 25, 32, 33 та їх осі, механізм регулятора 27 змащуються маслом, що залите у корпус механізму передачі.

Система запалювання пускового двигуна складається із магнето 26, свічки запалювання 10 і проводу 11 високої напруги, останній з'єднує магнето 26 зі свічкою 10.

Двигун П-350 використовують як пусковий для дизелів типу СМД-60. Він являє собою форсовану модифікацію двигуна ПД-10. За рахунок збільшення частоти обертання колінчастого вала до 4000 хв потужність підвищена до 10 кВт. Крім електричного стартера двигун оснащений дублювальним механізмом ручного пуску.

Двигун ПД-8М призначений для пуску дизелів Д-144 (Д-37М) повітряного охолодження. Двигун двотактний карбюраторний з корбово-камерним продування примусового повітряного охолодження. Його робочий об'єм менший, ніж ПД-10УД, і потужність становить 5,15 кВт за частоти обертання 4300 хв¹.

Рис. 3.9.4. Загальний вигляд пускового двигуна ПД-8М

Двигун П-23У чотиритактний карбюраторний, двоциліндровий, з лівим (проти ходу годинникової стрілки) напрямком обертання колінчастого вала. Застосовується для пуску дизеля Д-160 і розвиває потужність 13,5 кВт за частоти обертання колінчастого вала 2500 хв.

Рис. 3.9.5. Загальний вигляд пускового двигуна П-23У

3.9.4. Трансмісії пускових двигунів

Крутний момент від колінчастого вала пускового двигуна до колінчастого вала дизеля передає трансмісія пускового двигуна (рис. 2.1).

Вона складається зі зчеплення, редуктора, муфти вільного ходу, механізму автоматичного вимкнення урухомлювальної шестірні і механізму дистанційного

керування редуктором. Зчеплення плавно з'єднує і роз'єднує колінчасті вали пускового двигуна і дизеля, редуктор зменшує частоту обертання і збільшує крутний момент.

Муфта вільного ходу передає обертання лише в одному напрямку: від пускового двигуна до дизеля. Під час передачі обертання в зворотному напрямку муфта роз'єднує колінчасті вали двигунів. Цим обмежується значне навантаження редуктора і пускового двигуна від центровими силами.

Механізм автоматичного вимкнення урухомлювальної шестірні забезпечує виведення її із зачеплення з вінцем [маховика](#) після пуску дизеля. Механізм дистанційного керування редуктором забезпечує введення в зачеплення урухомлювальної шестірні з вінцем маховика і вмикання зчеплення з кабіни трактора.

Трансмсія пускового двигуна змонтована в спеціальному корпусу, на якому зверху встановлюється пусковий двигун. Трансмсії майже всіх пускових двигунів мають аналогічну конструкцію. Відрізняються вони за формою і розміром корпусу, місцем встановлення і будовою важелів керування, способом керування важелями. Трансмсія пускового двигуна П-23 відрізняється від інших конструкцією зчеплення і редуктора.

- [1. Які умови необхідні для надійного запуску двигунів?](#)
- [2. Що називають пусковою частотою обертання колінчастого вала двигуна?](#)
- [3. Пояснити, чому дизельний двигун неможливо завести, прокручуючи колінчастий вал вручну?](#)
- [4. Скільки має становити пускова частота обертання колінчастого вала карбюраторного і дизельного двигуна?](#)
- [5. Які способи застосовують для пуску дизельних двигунів?](#)
- [6. З яких основних елементів складається система пуску за допомогою допоміжного двигуна ?](#)
- [7. Описати роботу системи пуску дизельного двигуна з допомогою допоміжного.](#)
- [8. Яка особливість у будові поршневого пальця пускового двотактного двигуна?](#)
- [9. Навіщо в канавках поршня для поршневих кілець установлені штифти?](#)
- [10. Навіщо на днищі поршня нанесено стрілку?](#)

11. Як змащуються деталі КШМ двигуна?

Електрична енергія відрізняється від інших видів енергії універсальністю її застосування. Вона легко перетворюється на теплову – для запалювання робочої суміші, механічну – для провертання колінчастого вала під час запуску, звукову – для урухомлення вібратора звукового сигналу, для освітлення, виконання контрольно-вимірювальних функцій, за її допомогою можна керувати мікропроцесорами на автомобілях і тракторах, різними технологічними операціями, безпекою руху тощо.

Системи електрообладнання класифікують за струмом (постійний і змінний), величиною номінальної напруги (12 і 24 В) та потужністю. Найпоширенішим є електрообладнання постійного струму, яке включає механічне й хімічне джерела струму – генератор змінного струму з випрямлячем та акумуляторну батарею, а також споживачів, що працюють на постійному струмі.

На тракторах і автомобілях застосовують переважно однопровідну систему електрообладнання (рис. 4.1.1) ("+"), у якій другим проводом ("-") є корпус машини – "маса". Такий спосіб спрощує і здешевлює конструкцію, зменшує корозію деталей.

4.1.2. Призначення, загальна будова, принцип роботи, маркування стартерних акумуляторних батарей

Стартерні акумуляторні батареї на тракторах і автомобілях призначені для живлення електричним струмом стартера під час пуску двигуна та інших споживачів (освітлення, система запалювання, звукова сигналізація тощо) за непрацюючого двигуна, а також коли двигун працює з низькою частотою обертання і потужність генератора недостатня для живлення підєднаних електроспоживачів.

Акумуляторні батареї є електрохімічними джерелами струму, в яких під час заряджання електрична енергія від зовнішнього джерела струму використовується на утворення хімічних сполук, а під час розряджання хімічна енергія перетворюється на електричну як результат переходу хімічних сполук у їх початковий стан. Залежно від компонентів, що беруть участь в електрохімічних процесах, і акумулятори поділяють на лужні і кислотні.

На сучасних тракторах і автомобілях застосовують переважно свинцево-кислотні акумуляторні батареї як хімічне джерело електричного струму багаторазової дії.

Акумуляторна батарея складається з бака 1 (рис. 4.1.3), позитивних 14 і негативних 16 пластин, відлитих у вигляді ґраток із свинцю, до якого додають 6 – 8% сурми для збільшення міцності. Ґратки пластин заповнюють з обох боків активною масою. Активна маса негативних пластин являє собою порошок свинцю, а позитивних – свинцевого сурику і свинцевого глету з домішками, які збільшують

пористість виготовлених пластин. Порошок замішують на водному розчині сірчаної кислоти і у вигляді пасти вмащують у отвори ґраток.

Позитивні 14 і негативні 16 пластини зібрані в пакети за допомогою з'єднувальних бареток 13 і 9 з вивідними клемми 10 і 12. Пакети пластин з'єднують в блоки, розташовуючи позитивні пластини між негативними, тому негативних пластин в блоці на одну більше, ніж позитивних. Між кожною парою пластин для ізоляції встановлюють перетинки з отворами – сепаратори 15. Крізь ці отвори до пластин вільно поступає [електроліт](#). Блоки пластин встановлюють в бак 1.

Всередині загального корпусу бака 1 виконано перетинки 17, розділяючи бак 1 на ізольовані одна від одної банки. В банки на ребра 18 встановлюють блоки пластин. Ребра утворюють простір між днищем бака 1 і блоком пластин. Під час експлуатації батареї цей простір заповнюється активною масою, що випадає з пластин. Завдяки цьому простору запобігають короткому замиканню між пластинами. Банки закривають накривками, які мають отвори для заливання електроліту і контролю його рівня.

Акумуляторні батареї мають маркування, наприклад, ЗСТ- 215ЭМЗТ, 6СТ- 75ЭМ-В, 6ТСТ-50ЭМСЗ. Цифри 3 або 6 вказують кількість послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї. Напряга одного акумулятора становить 2 В, тому номінальна напряга батареї відповідно дорівнює 6 або 12В. Літери СТ означають, що це батарея стартера з пластинами товщиною 2,05/1,8 мм. Такі батареї використовують, переважно, для пуску карбюраторних двигунів автомобілів і пускових двигунів дизелів. Літери ТСТ свідчать, що батарея стартерна, з пластинами товщиною 2,5/2,05 мм і подвійними сепараторами підвищеної надійності. Такі батареї призначені для роботи у тяжких умовах на тракторах, де пуск дизеля здійснюється електричним стартером. Цифри 45, 50, 55, 60, 65, 75, 80, 82, 90, 95, 105, 128, 132, 150, 182, 190, 215 показують номінальну ємність батареї за 20-годинному режимі розрядження в [ампер-годинах](#) (А/год). Букви після цифр означають: перша – матеріал, з якого виготовлений бак батареї (Е – ебоніт, Т – [термопласт](#), П – [пластмаса](#) асфальтопекова); друга і третя – матеріал, з якого виготовлено сепаратори (Р – [міпор](#), М – [міпласт](#), С – [скловолокно](#)); третя або четверта літери: В – до активної маси пластин додається синтетичне волокно; З – батарея виготовлена у сухозарядженому вигляді; Н – у несухозарядженому вигляді; Т – для роботи в тропічному кліматі.

4.1.3. Електроліт, його приготування і властивості

Електроліт для свинцево-кислотних акумуляторних батарей виготовляють із сірчаної кислоти (ГОСТ 667-73) і дистильованої води високого рівня чистоти (ГОСТ 6709-72) в кислотостійкому (ебонітовому, керамічному, пластмасовому або свинцевому) посуді. У разі порушення цієї вимоги прискорюється саморозрядження і руйнування пластин та зменшується їхня ємність. Не рекомендується також застосування скляного посуду, оскільки він може тріснути внаслідок сильного нагрівання під час змішування сірчаної кислоти з дистильованою водою.

Під час приготування електроліту сірчану кислоту наливають тоненькою цівкою у воду, водночас помішуючи розчин чистою скляною паличкою. Не можна наливати воду в кислоту, оскільки вода майже вдвічі легша і розтікається по поверхні кислоти, не змішуючись з нею. При цьому у верхньому шарі розчину виділяється велика кількість теплоти, електроліт розбризкується, що може спричинити опіки тіла. У разі випадкового потрапляння електроліту на тіло його слід негайно змити великою кількістю води. У виробничих умовах електроліт, зазвичай, готують з використанням проміжного розчину густиною $1,4 \text{ г/см}^3$, оскільки за таких умов на охолодження приготовленого з нього електроліту вже потрібної густини витрачається менше часу.

4.1.4. Хімічні процеси, що протікають в акумуляторній батареї під час розрядження і зарядження

У процесі розрядження акумулятора (рис. 4.1.4 б) активна маса позитивних пластин перетворюється з пероксиду свинцю PbO_2 темно-коричневого на сульфат свинцю PbSO_4 коричневого кольору, а негативних – з губчастого свинцю Pb сірого на PbSO_4 світло-сірого кольору. Як результат цього густина електроліту зменшується з $1,25 - 1,31$ до $1,09 - 1,15 \text{ г/см}^3$ за повного розрядження акумулятора, а його внутрішній опір зростає в кілька разів. Під час розрядження акумулятора в зовнішній мережі безперервно підтримується напрямлений рух вільних електронів, а в електроліті – напрямлений рух іонів між пластинами.

Для заряджання акумулятор паралельно під'єднують до мережі джерела струму (генератора чи випрямляча), напруга якого більша від ЕРС батареї. При цьому клему “плюс” батареї з'єднують з позитивним виводом джерела струму, а “мінус” – з негативним.

У процесі заряджання активна маса негативних пластин (рис. 4.1.4 а) з $PbSO_4$ повертається у попередній стан – у губчастий свинець Pb , а позитивних пластин – у пероксид свинцю PbO_2 і густина електроліту збільшується. Якщо при цьому густина електроліту перестає збільшуватися, – це ознака закінчення процесу заряджання батареї. У разі продовження заряджання акумулятора відбуватиметься лише розщеплення води на водень і кисень, які виділяються з електроліту, – створюється ефект “кипіння”.

4.1.5. Електричні показники акумулятора: ємність, електрорушійна сила, напруга, саморозрядження, коефіцієнт електричної віддачі

Основні електричні характеристики стартерних акумуляторів – це [електрорушійна сила](#) (ЕРС), [внутрішній опір](#), [напруга](#) на клеммах, [ємність](#) і коефіцієнт електровіддачі. Якщо акумулятор перебуває в стані спокою, електрорушійна сила його майже не залежить від ступеня розрядження пластин, однак істотно залежить від густини електроліту і незначно – від його [температури](#).

ЕРС обчислюють за формулою:

$$E_0 = 0,84 + u_e,$$

де: u_e – густина електроліту за температури $15^\circ C$.

Густина електроліту залежно від стану акумулятора може становити від 1,09 до 1,27 г/см³, тому ЕРС спокою дорівнює відповідно: 1,93 – 2,15 В.

Внутрішній опір акумулятора залежить від розміру та кількості пластин, віддалі між ними, пористості сепараторів, густини й температури електроліту і перебуває в межах 0,01 – 0,015 Ом за зарядженого акумулятора. В процесі розряджання акумулятора густина і провідність електроліту зменшується, що

призводить до зростання його внутрішнього опору до 0,02 Ом. Величина внутрішнього опору акумулятора впливає на максимальну силу струму під час пуску двигуна стартером.

Напруга на клеммах акумуляторної батареї залежить від її внутрішнього опору і величини розрядного чи зарядного струму. Її визначають, наприклад, під час розрядження за формулою:

$$U_p = E_p - I_p r_b = I_p R,$$

де: E_p – ЕРС батареї під час розрядження;

I_p – розрядний струм;

r_b – внутрішній опір акумуляторної батареї;

R – опір зовнішнього навантаження.

Напруга зовнішнього джерела струму на клеммах акумулятора під час заряджання U_3 має перевищувати ЕРС на величину внутрішнього спаду напруги ($I_3 r_b$), тобто:

$$U_3 = E_3 + I_3 r_b,$$

де: I_3 – зарядний струм.

Ступінь розрядження акумулятора визначають за величиною напруги шляхом випробування під навантаженням упродовж 5 с за допомогою навантажувальної вилки із зовнішніми чи акумуляторного пробника з внутрішніми між елементними з'єднаннями акумуляторної батареї.

Ємність акумулятора і батареї загалом – це кількість електроенергії в ампер-годинах, яку можна одержати від повністю зарядженої батареї під час безперервного розрядження струмом постійної величини до певної межі.

Ємність розраховують за формулою:

$$C_p = I_p t_p,$$

де: I_p – розрядний струм, А;

t_p – тривалість розрядження, год.

Ємність акумулятора залежить від таких основних чинників:

- 1) кількості пластин і пористості активної маси;
- 2) сили розрядного струму;
- 3) температури і густини електроліту;
- 4) хімічної чистоти матеріалів, з яких виготовлено пластини і електроліт;
- 5) тривалості роботи пластин.

Залежно від режиму розрядження ємність поділяють на номінальну і стартерну. Номінальну ємність визначають у режимі 20-годинного розрядження до напруги 1,75 В за середньої температури електроліту: 25 ± 20 °С та початкової його густини: $1,285 \text{ г/см}^3$ розрядним струмом: $I = 0,05A$. Стартерну ємність визначають за температур $+ 30$ °С та $- 18$ °С. При цьому розрядний струм має бути втричі більшим від номінальної ємності батареї.

Коефіцієнт електричної віддачі характеризує ступінь можливого використання електроенергії, яку отримує акумулятор під час зарядження. Його можна визначити співвідношенням ампер-годин під час розрядження та зарядження, тобто:

де: I_p і I_z – відповідно розрядний і зарядний струми;

t_p і t_z – тривалість розрядження і зарядження, $k = 0,75 - 0,85$.

4.1.6. Перевірка технічного стану акумуляторної батареї. Перевірка рівня і густини електроліту, доведення їх до норми

Перевіряють технічний стан акумуляторної батареї в ході її експлуатації вимірюючи рівень електроліту скляною трубкою 1 (рис. 4.1.6 а), густини – [ареометром](#) з [денсиметром](#) чи [густиноміром](#) (рис. 4.1.6 б, 4.1.8), напруги та електрорушійної сили – навантажувальною вилкою чи акумуляторним пробником (рис. 4.1.7).

[Навантажувальна вилка](#) призначена для перевірки батарей ємністю від 40 до 135 А-год, а акумуляторний пробник – для батарей з прихованими міжелементними з'єднаннями ємністю 45 – 190 А год.

Для вимірювання напруги акумуляторів ємністю до 65 А-год у навантажувальній вилці вмикають один [резистор](#) з опором 0,019 Ом і через нього протікає струм до 100 А.

Під час перевірки акумуляторів ємністю від 65 до 100 А•год. вмикають інший резистор з опором 0,0115 Ом, який забезпечує проходження струму до 160 А. У разі більшої ємності акумуляторів (110 – 135 А•год.) вмикають два резистори (сумарний [опір](#) 0,00715 Ом), чим досягається розрядний струм 260 А. Під час вимірювання ЕРС додаткові опори не вмикають і напруга на вольтметрі характеризує ступінь розрядження акумулятора відносно початкової густини електроліту.

Питання для самоконтролю

[1. Розкажіть про загальні відомості про систему електрообладнання. Які існують джерела і споживачі електричної енергії?](#)

[2. Опишіть призначення, загальну будову, принцип роботи, маркування стартерних акумуляторних батарей.](#)

[3. Для чого призначений електроліт, та як його приготувати? Які властивості має електроліт?](#)

4. Розкажіть про хімічні процеси, що протікають в акумуляторній батареї під час розрядження і зарядження.

5. Які існують електричні показники акумуляторної батареї?

6. За яким порядком проводиться перевірка технічного стану акумуляторної батареї? За допомогою яких пристроїв та приладів можна перевірити рівень і густину електроліту АКБ. Яким чином довести їх до норми?

7. Які існують вимоги безпеки праці під час роботи з електролітом?

8. Розкажіть про процес зарядження акумуляторної батареї. Опишіть методику введення в дію нових батарей.

9. Які бувають основні несправності акумуляторних батарей, їх ознаки та способи усунення?

4.2.1. Призначення і типи генераторних установок змінного струму

Генератор на тракторі чи автомобілі – це основне джерело живлення споживачів [електричної енергії](#) (крім стартера), включаючи заряджання [аккумуляторної батареї](#) за працюючого двигуна.

Основними вимогами до генераторних установок є:

- підтримувати постійну за величиною напругу в мережі за змінних швидкісних і навантажувальних режимів роботи генератора;
- надійно працювати в широкому діапазоні частоти обертання колінчастого вала;
- здатність витримувати перевантаження (до 50%);
- мінімальна маса і вартість за достатньо тривалого терміну експлуатації.

Генератори, в яких магнітний потік у статорних обмотках змінюється за значенням переміщенням феромагнітної маси ротора, називають **індукторними**.

Сьогодні трактори й автомобілі комплектують індукторними [генераторними установками змінного струму](#) з [електромагнітним](#) збудженням. При цьому за конструкцією вони є: з рухомою і нерухомою обмоткою збудження, а відповідно, з контактними щітками та кільцями і безконтактні; трифазні і п'ятифазні; зі з'єднанням фазових обмоток статора за [схемою “зірка” або “трикутник”](#) тощо.

Генератори [постійного струму](#) застосовують нині досить рідко і лише на застарілих марках машин. Заміна таких генераторів на генератори змінного струму відбулася завдяки простішій будові, надійності та довговічності останніх. Крім того, за однакової потужності вони менші за розмірами, розвивають номінальну напругу на менших обертах ротора, раніше відмикають аккумуляторну батарею від споживачів і розпочинають її заряджання.

Оскільки для заряджання аккумуляторної батареї потрібно мати постійний струм, генератори змінного струму обладнують блоком випрямлячів.

Для підтримання заданої величини напруги за різної частоти обертання ротора і навантаження генератора використовують [регулятори напруги](#) різної конструкції. На останніх модифікаціях тракторів і автомобілів установлюють генератори змінного струму з вмонтованими безпосередньо в його корпус випрямлячами та інтегральними регуляторами напруги.

Комплект генератора з блоком випрямлячів і регуляторами напруги називають **генераторною установкою змінного струму**.

4.2.2. Конструкція та принцип роботи генераторів змінного струму з рухомою обмоткою збудження і контактними кільцями

Принципову схему генератора змінного струму з рухомою обмоткою збудження наведено на рис. 4.2.2. Трифазна напруга індукується у фазових обмотках 1 статора 2 за перетинання їх змінним магнітним полем, що створюється електромагнітом ротора 3.

Статор складають з пластин електротехнічної сталі і в його пази вкладають 18 фазових обмоток (генератор Г250 автомобілів типу ГАЗ і ЗІЛ), які розподіляють на три фази і з'єднують між собою за схемою “зірка”. Один кінець усіх фаз з'єднують між собою і виводять окремим (нульовим) проводом на клемну коробку генератора або ізолюють у самому генераторі, другий кінець проводу кожної фази приєднують до блока випрямлячів. Статор і фазові обмотки закріплюють між передньою і задньою накривками, у вальниціях яких обертається ротор.

Автомобільні генератори змінного струму залежно від потужності випускають з 18, 36 і 72 котушками, які утворюють три фази. Фази на генераторах більшої потужності можна з'єднувати трикутником або подвійною зіркою, що дає змогу зменшити товщину дроту і вартість виготовлення.

Ротор – це вал, на який напресовані два магнітопроводи з дзьобоподібними наконечниками та втулкою з обмоткою збудження, що утворюють 12-полюсний магніт. Обмотка збудження 4 через клеми *III* і *M*, контактні мідно-графітові щітки 5 і кільця 6 живиться постійним струмом від акумуляторної батареї. Ротор урухомлюється від колінчастого вала через шків клинопасовим передавачем. Для охолодження генератора на валу ротора разом зі шківом встановлюють крильчатку вентилятора.

Якщо контакти вимикача запалювання замкнуті, струм від акумуляторної батареї надходить в обмотку збудження ротора і намагнічує його. При цьому сусідні полюсні наконечники ротора намагнічуються різнойменними полюсами. Під час обертання ротора повз кожний виступ статора по черговому проходить північний і

південний полюси електромагніта. Нерухомі фазові обмотки перетинаються змінним магнітним потоком як за величиною, так і за напрямком, і у витках обмоток індукується змінна [електрорушійна сила](#).

Змінний струм генератора перетворюється на постійний випрямлячем, складеним за трифазною двопівперіодною схемою на шести [силіцієвих](#) (кремнієвих) діодах (вентиліях) прямої і зворотної полярності. У діодах прямої полярності корпус – це [катод](#), а [анодний](#) провід виведений через ізолятор в електромережу, у діодах зворотної полярності – навпаки. Діоди прямої і зворотної полярності не взаємозамінні. З метою запобігання пробією діодів внаслідок їх перегрівання їх запресовують у шини з інтенсивним тепловідведенням.

Генератори змінного струму з рухомою обмоткою збудження встановлюють переважно на автомобілях. Вони різняться між собою потужністю, максимально допустимою силою струму самообмеження в обмотках статора, кількісними та якісними характеристиками обмоток збудження й фазових обмоток, розмірами урухомлювальних шківів, кріпленням генератора на двигун тощо.

4.2.3. Безконтактні індукторні генератори

Схему трифазного безконтактного генератора з нерухомою обмоткою збудження наведено на рис. 3.1. Змінна ЕРС утворюється в обмотках статора 8 за перетинання їх витків шестипроменевим ротором 5, який намагнічується обмоткою збудження 1. Промені ротора обертаються поблизу обмотки збудження, яка встановлена нерухомо на втулку 2, закріплену в накривці 4 генератора, і живиться від акумуляторної батареї через клема *Ш* і *М*.

Під час обертання ротора [магнітний потік](#) змінюється від максимального (коли промінь ротора розміщується навпроти виступу статора) до мінімального (коли навпроти виступу статора розміщується виїмка ротора). Таким чином максимальний магнітний потік одночасно досягається в трьох котушках, розміщених під кутом 120° , у трьох інших котушках магнітний потік спадає, у наступних трьох – зростає, тобто в трьох групах котушок в один і той самий період часу індукується різна за величиною електрорушійна сила.

Котушки однієї фази з'єднують між собою послідовно, а фази – за схемою “трикутник”. На автомобілях, де встановлюють генератори меншої потужності, широко застосовують з'єднання фаз зіркою. На кожній фазі встановлюють [напівпровідникові випрямлячі](#) (вентилі), з'єднані за трифазною двопівперіодною схемою. Вентилі на кожному плечі випрямного мосту працюють по чергово. Для моменту часу, еквівалентного синусоїді 90° , напруга на фазі *A* позитивна, а на фазах *B* і *C* – негативна, тому струм до споживачів проходить через вентиль *VD1* позитивної полярності і два вентилі *VD5* та *VD6* негативної полярності.

До мережі споживачів генератора паралельно під'єднана акумуляторна батарея, але вентилі пропускають струм до неї лише у разі, коли фазна напруга перевищує напругу батареї. Водночас вентилі випрямляча захищають статорні обмотки від струму акумуляторної батареї.

4.2.4. Переваги і недоліки різних типів генераторів

На сучасних легкових автомобілях середнього класу та на вантажних автомобілях і тракторах переважають генераторні установки, розраховані на максимальну силу струму 50 – 70 А, а на автомобілях вищого класу – до 90 – 100 А, тобто максимальна потужність досягає 1,4 – 1,5 кВт. У таких випадках витрати пального на урухомник генератора може становити 6% загальних витрат. Ресурс генераторів змінного струму досягає 200 – 300 тис. км пробігу автомобіля.

Індукторні безщіткові генератори застосовують там, де є вимоги надійності та довговічності, переважно на тракторах магістральних тягачах, міжнародних автобусах тощо. Підвищена надійність цих генераторів забезпечується тим, що в них немає щітково-контактного вузла, що зношується та забруднюється, а обмотка збудження нерухома.

4.2.5. Випрямлячі змінного струму, які застосовуються в генераторних установках

Випрямний пристрій генераторів, у позначеннях яких після індексу введено цифру 1 (наприклад, ВБГ-1), закріплений у задній накривці (рис. 4.2.4). Він складається з трьох секцій (рис. 4.2.5), у тепловідводах яких змонтовано по два

силіцієвих вентилях (діоди) з різною полярністю. Виводи фаз генератора приєднують до клем 4 блока. Діоди блока сполучено за трифазною двонапівперіодною схемою (схема А. Н. Ларіонова). Через плюсову шину 11 проходить контактний гвинт 2у, який є плюсовою клемою генератора й одночасно слугує для кріплення блока ВБГ-1 до накривки; болт ізольований від накривки пластмасовою втулкою. Гвинт 2 з'єднує мінусову шину 3 блока із накривкою й водночас прикріплює блок до накривки.

4.2.6. Загальні відомості про регулювання напруги. Типи реле-регуляторів

Генератор працює в специфічних умовах. Частота обертання двигуна безперервно змінюється. Навантаження дуже коливається залежно від кількості увімкнених споживачів. Ступінь зарядженості акумуляторної батареї змінюється в широких межах, але напруга на затискачах генератора має бути практично постійною (відхилятися від розрахункової не більш як на 3 %), а акумуляторна батарея має заряджатися струмом, який відповідає її стану. Виконати перелічені попереду умови й забезпечити нормальну роботу генератора можна, тільки застосувавши реле-регулятор. З формули для напруги генератора ($U_r = E_\phi = C_e n \Phi$) бачимо, щоб забезпечити постійну [напругу](#) генератора, коли частота обертання ротора змінюється, магнітний потік потрібно змінювати обернено пропорційно до частоти. Оскільки магнітний потік визначає сила струму збудження, то напругу регулюють, закорочуючи обмотку збудження, тобто перериваючи коло збудження або вмикаючи послідовно з обмоткою збудження додатковий опір. Отже, принцип роботи будь-якого **РН** базується на зміні величини опору кола обмотки збудження обернено пропорційно обертам ротора генератора.

Цей принцип регулювання можна реалізувати за допомогою пристроїв різних типів. У сучасних тракторах і автомобілях застосовують регулятори напруги, які поділяють на контактно-вібраційні (одно- та двоступінчасті), контактно-транзисторні, безконтактні транзисторні та інтегральні.

Контактно-вібраційні регулятори, маючи вказаний термін служби 120 – 150 тис. км. пробігу автомобіля, поступаються місцем інтегральним і безконтактним, в яких цей показник становить 200 – 300 тис. км. Безконтактні транзисторні та інтегральні регулятори не містять рухомих частин, контактних поверхонь, що підгорають, і пружин, а тому не змінюють регулювань в процесі експлуатації. Проте на деяких автомобілях встановлюють контактно-вібраційні регулятори, враховуючи їх невисоку вартість і просту будову (ВАЗ, ЗАЗ тощо.).

4.2.7. Контактно-транзисторні регулятори напруги, їх будова і робота

З установленням на тракторах і автомобілях потужніших генераторних установок для їх надійнішої і довговічнішої роботи почали застосовувати [контактно-транзисторні реле-регулятори](#) типу РР362А – на автомобілях і РР362Б – на тракторах (рис. 4.2.6). Основними їх елементами є два вібраційних електромеханічних реле-регулятор напруги (РН) і реле захисту (РЗ), а також транзистор, два діоди і резистори.

Реле-регулятор РР362Б порівняно з РР362А має резистор $R_{тк}$ і перемикач посезонного регулювання напруги “зима-літо” (ППР).

Електричну схему реле- регулятора наведено на рис. 4.2.7. Для спрощення схеми декілька паралельно увімкнених резисторів замінено на загальні резистори.

Реле-регулятор складається з пристрою для регулювання напруги (електромагнітний вібраційний одноступінчастий регулятор *РН*, транзистор *T*, резистори *R1*, *R2*, *R3*, *R4*, діоди *Д2* і *Д3*) і пристрою для захисту транзистора (електромагнітне реле захисту *РЗ* і діод *Д1*).

Пристрій для регулювання напруги підтримує постійну напругу генератора за змінної частоти обертання ротора, відповідно змінюючи силу струму збудження. [Транзистор](#) *T* (напівпровідниковий підсилювач) є виконавчим елементом пристрою для регулювання напруги. Керує транзистором електромагнітне реле *РН*, чутливим елементом якого є обмотка 4, увімкнена за схемою прискорювального опору, з протидійною пружиною 6 якірця 7, а керувальним – нормально розімкнені срібні контакти 8, увімкнені між плюсовою клемою *В3* і базою *Б* транзистора. Через контакти проходить тільки струм керування транзистором (струм бази не перевищує 0,5 А), напруга якого незначна (1,5 – 2,5 В), а струм обмотки збудження – через транзистор або резистори *R2* і *R3*. Це виключає можливість окиснення та ерозії контактів, забезпечує їх довговічність, надійну роботу пристрою і високу стабільність регульованої напруги. Термокомпенсація регулятора напруги здійснюється послідовним увімкненням в коло обмотки 4 резистора *R1* та підвіскою якірця 7 на термобіметалевій пластинці.

Реле захисту автоматично захищає транзистор у разі короткого замикання в колі обмотки збудження генератора (замикаються контакти 9 і транзистор запирається), коли через транзистор міг би пройти струм неприпустимої сили і вивести його з ладу.

Діод Д1 запобігає появі струму в утримувальній обмотці 11 і замиканню контактів 9 реле захисту в разі замикання контактів 8 регулятора напруги. Діод Д3 гасить ЕРС самоіндукції обмотки збудження генератора. Діод Д2 сприяє активнішому запиранню транзистора.

Резистор Д1 стабілізує параметри притягування якорця 7 за змін температури, резистор R2 прискорює частоту коливань якорця 7, резистори R2 і R3 визначають силу струму обмотки збудження генератора за закритого транзистора, а резистор R4 – силу струму бази за відкритого транзистора.

4.2.8. Схема, конструкція і принцип роботи безконтактно-транзисторних реле-регуляторів

Як електромеханічні, так і контактно-транзисторні регулятори напруги в процесі їх експлуатації потребують регулювання зазорів, натягу пружин, зачищення контактів та іншого технічного обслуговування, що свідчить про недостатню їх надійність та довговічність. Тому їх почали замінювати на електронні безконтактні регулятори (рис. 4.2.8 і 4.2.9), які встановлюють у комплекті з генераторами Г250-И1, Г250-Е1 і Г250-Н1 на автомобілях ЗІЛ-130, УАЗ-469, ГАЗ -24, тощо.

Принципової відмінності між регулюванням напруги електронними реле-регуляторами та контактно-транзисторними немає. Електричну схему безконтактного регулятора напруги РР350-А наведено на рис. 4.2.10. Вона складається з окремих функціональних каскадів.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення і які бувають типи генераторних установок змінного струму?

2. Опишіть конструкцію та принцип роботи генераторів змінного струму з рухомою обмоткою збудження і контактними кільцями.

3. Розкажіть про будову та принцип дії безконтактних індукторних генераторів.
4. Які існують переваги і недоліки різних типів генераторів?
5. Для чого призначені та як функціонують випрямлячі змінного струму, які застосовуються в генераторних установках?
6. Розкажіть про процес регулювання напруги. Які бувають типи реле-регуляторів?
7. Опишіть будову та роботу контактнo-транзисторних регуляторів напруги.
8. Розкажіть про конструкцію і принцип роботи безконтактнo-транзисторних реле-регуляторів.
9. Опишіть схему та принцип дії генераторних установок з інтегральними регуляторами напруги.

4.3.1. Призначення систем запалювання, класифікація і вимоги до них

Систему запалювання застосовують у бензинових (газових) двигунах. Вона призначена для створення високовольтного іскрового розряду між електродами свічки запалювання, розподілу цих імпульсів по свічках циліндрів відповідно до порядку їх роботи та фаз газорозподілу, частоти обертання та навантаження на двигун, а також надійного і своєчасного запалювання робочої суміші.

Система запалювання має забезпечувати такі основні вимоги:

- високу вторинну напругу з відповідним запасом у всіх режимах роботи двигуна, включаючи його пуск за низької температури навколишнього середовища та безперебійне іскроутворення (до 20 000 іскор за хвилину);
- запалювання збідненої робочої суміші, коли $\alpha = 1,1 - 1,2$, для забезпечення економічної роботи двигуна;
- швидкість зростання вторинної напруги має забезпечувати надійне іскроутворення, зокрема за наявності нагару на ізоляторі свічки, що утворюється в процесі експлуатації;
- автоматичне встановлення оптимального кута випередження запалювання залежно від швидкісних і навантажувальних режимів роботи двигуна, якісних показників паливної суміші та інших параметрів двигуна;
- електронні пристрої та елементи системи запалювання мають надійно працювати і витримувати електричні, температурні та механічні перевантаження впродовж усього ресурсу експлуатації автомобіля;
- малу токсичність випускних газів;
- не створювати перешкод радіо- і телепередачам та засобам зв'язку;
- конструкція елементів системи запалювання повинна мати мінімальні розміри і масу, низьку трудомісткість і вартість виготовлення, бути зручною для обслуговування та діагностування.

Подальше вдосконалення систем запалювання пов'язане з підвищенням вимог до двигунів, необхідністю збільшення їх економічності, зниження токсичності відпрацьованих газів, зменшення періодичності й трудомісткості обслуговування в процесі експлуатації. Досягнення економічності та зниження токсичності здійснюють як шляхом збіднення робочої суміші, збільшення ступеня стискання, удосконалення камер згоряння та впускних трубопроводів, створення умов для завихрення робочої суміші, так і оптимізацією іскрового зазору у свічках, використанням режимів роботи в зонах, близьких до детонаційних, застосуванням турбонаддування тощо, що досягається через систему запалювання.

Напругу, за якої відбувається іскровий розряд між електродами свічки запалювання, називають пробивною (**Un**). Вона залежить від величини зазору між електродами свічки, ступеня стискання, частоти обертання колінчастого вала, складу, температури й швидкості руху робочої суміші в камері згоряння в момент пробою іскрового проміжку, форми, температури та матеріалу електродів свічки.

Пробивну напругу свічки визначають за законом Пащенко:

$$U_n = f(P\delta/T),$$

де: **P** – тиск у камері згоряння в момент іскрового пробою, **δ** – іскровий проміжок свічки, **T** – абсолютна температура середовища в камері згоряння в момент пробою.

Для орієнтовних розрахунків за рівномірної напруги електричного поля для визначення пробивної напруги часто використовують емпіричну формулу:

$$U_n = 1,36 + 115,8 P\delta/T.$$

Зі збільшенням іскрового зазору, ступеня стиску і частоти обертання колінчастого вала пробивна напруга має збільшуватися і зменшуватися під час зростання температури робочої суміші. Так, для пуску двигуна зі ступенем

стискання $\varepsilon = 7,0 - 7,5$ потрібна пробивна напруга 16 – 18 кВ, а в його робочому режимі – 12 – 14 кВ; якщо $\varepsilon = 8,5 - 10$ вона становить відповідно 18 – 20 і 13 – 15 кВ.

У процесі експлуатації свічок запалювання внаслідок електричної ерозії їхні електроди заокруглюються, між ними збільшується зазор, впродовж роботи двигуна постійно змінюється склад робочої суміші, а тому для надійного її запалювання робоча напруга має перевищувати пробивну не менш як у 1,5 раза.

Процес горіння робочої суміші в циліндрі двигуна відбувається впродовж певного періоду. Спочатку від іскрового розряду спостерігається приховане горіння, після якого настає період видимого горіння і в циліндрі різко підвищується тиск газів. У зв'язку з цим слід розпочинати запалювання суміші раніше від досягнення поршнем ВМТ (верхньої мертвої точки) в такті стиску і залежно від швидкісного чи навантажувального режиму встановлювати оптимальний момент запалювання з тим, щоб досягти максимальної потужності. Кут між положенням кривошипа (корби) колінчастого вала в момент іскроутворення і ВМТ називають кутом випередження запалювання. У разі, коли цей кут більший від оптимального (раннє запалювання), на [поршень](#) до його приходу у [ВМТ](#) діє тиск газів, що призводить до втрати потужності, перегрівання двигуна, зниження його економічності та виникнення [детонації](#) у вигляді механічних стуків.

У разі пізнього запалювання робоча суміш активно згорає в такті розширення і догорає в процесі випуску, що, крім втрати потужності й економічності та перегрівання, двигуна зумовлює підвищення токсичності відпрацьованих газів.

Зі збільшенням частоти обертання [колінчастий вал](#) за час горіння робочої суміші проходить більший кут, що потребує автоматичного збільшення [кута випередження запалювання](#), для чого на переривниках встановлюють **відцентровий регулятор**.

Зі зменшенням навантаження і за сталої частоти обертання колінчастого вала дросельна заслінка прикривається, чим погіршується наповнення циліндра свіжою сумішшю. Отже, процес її горіння подовжується, що також потребує збільшення кута випередження запалювання. Автоматичне регулювання залежно від навантаження на двигун відбувається за рахунок **вакуумного регулятора**.

Крім згаданих автоматичних регуляторів у системі запалювання встановлюють **октан-коректор**, за допомогою якого змінюють кут випередження запалювання залежно від октанового числа палива.

За конструкцією системи запалювання класифікують так (див. схему 4.3.1).

Найпростіша контактна (класична) батарейна система запалювання (КСЗ) – це система з безперервним накопиченням енергії в котушці індуктивності, в якій керування і комутація струму здійснюється механічним контактним переривником.

Складнішими є контактнo-транзисторна (КТСЗ) та безконтактнo-транзисторна системи запалювання (БТСЗ). Остання відрізняється від КТСЗ тим, що замість контактів тут використовують датчики імпульсів – найчастіше магнітоелектричні індукційні та датчики Холла.

Застосовують також тиристорні системи запалювання – з накопиченням енергії в конденсаторі.

При цьому комутатором струму в первинному колі є тиристор, спосіб накопичення енергії – безперервний або імпульсний, режим іскроутворення – одноразовий або багаторазовий, спосіб керування – контактний або безконтактний.

Існують комбіновані системи запалювання, коли накопичення енергії відбувається як у котушці запалювання, так і в конденсаторі, а комутація струму в котушці здійснюється відповідно [транзистором](#) і [тиристором](#) за допомогою контактів чи безконтактним способом.

На сучасних нових марках автомобілів установлюють і досконаліші *мікропроцесорні системи запалювання*, які максимально автоматично враховують інформацію про технічні параметри роботи двигуна в різних режимах його роботи. Для оброблення цієї інформації, що надходить від різних датчиків, двигуни обладнують спеціальними мікро-ЕОМ, які за відповідними програмами забезпечують корекцію роботи систем як запалювання, так і живлення.

Існують ще складніші конструкції системи запалювання. Так, фірма “Bosch” застосовує систему, коли кожний циліндр має свою Індукційну котушку, яка керується одним з вихідних каскадів контролера. Котушка запалювання подає на свічку напругу до 32 кВ. Система дає змогу швидко змінювати кут випередження запалювання в кожному циліндрі незалежно від інших. Завдяки відсутності

оберткових частин робочий діапазон регулювання кута випередження запалювання збільшений приблизно на 10° і становить 59° по колінчастому валу для кожного циліндра.

4.3.2. Загальна будова і принцип дії батарейної системи запалювання

Джерелом високої напруги різних систем запалювання є індукційна котушка, яка перетворює струм низької напруги від акумулятора чи генератора на струм високої (12 і більше кіловольт).

До електричної мережі класичної системи запалювання (рис. 4.3.2) входять: джерело живлення – з'єднані паралельно генератор 6 і акумуляторна батарея 5; котушка запалювання 8 з первинною і вторинною обмотками; конденсатор 9; переривник-розподільник 2 з кулачком 3 і контактами 4; свічки запалювання і проводи високої напруги.

Після вмикання вимикача запалювання 7 за замкнених контактів 4 переривника-розподільника 2 струм низької напруги від "+" акумуляторної батареї проходить у первинній обмотці котушки запалювання і через замкнені контакти на "масу" двигуна та "-" батареї. При цьому навколо витків первинної обмотки створюється електромагнітне поле, яке за своїм значенням наростає впродовж 0,02 с і досягає максимального значення, коли сила струму збільшиться до 3,0 – 3,5 А. Таке змінне магнітне поле у первинній обмотці індукуює у вторинній ЕРС взаємоіндукції близько 2 кВ.

У момент розмикання контактів переривника струм у первинній обмотці швидко зникає, отже, зникає і магнітний потік, який, перетинаючи витки вторинної й первинної обмоток, індукуює в них ЕРС відповідно високої напруги (16 – 26 кВ), а також самоіндукції (200 – 300 В) такого самого напрямку, що й перерваний струм. Остання затримує його зникнення і призводить до виникнення іскріння та підгоряння контактів. Щоб уникнути цього явища, паралельно контактам вмикають конденсатор 9.

Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала та кількості циліндрів контакти переривника перебувають у замкнутому стані менший час, а тому струм у

первинній обмотці котушки запалювання не досягає свого максимального значення і вторинна напруга зменшується (рис. 4.3.3).

Аналогічний негативний вплив має збільшення зазору між контактами переривника. Водночас за малого зазору і низької частоти обертання цей проміжок пробиває струм ЕРС самоіндукції, відбувається іскріння в контактах переривника, струм різко не зникає і, як наслідок, напруга у вторинній обмотці зменшується. З цих причин оптимальний зазор між контактами переривника, за якого індукується максимальна вторинна напруга в котушці запалювання, встановлюють у межах 0,35 – 0,45 мм.

Як зазначалось вище, струм [самоіндукції](#), що виникає в первинній обмотці котушки запалювання у разі розмикання контактів, має негативний вплив, оскільки він зберігає напрям перерваного струму, спричинює іскріння та обгоряння контактів переривника.

Для усунення цього явища паралельно контактам під'єднується конденсатор, який у разі розмикання контактів заряджається і запобігає певною мірою їх обгорянню. За чергового замикання контактів конденсатор розряджається через первинну обмотку, створюючи при цьому імпульс струму зворотного напрямку і підсилюючи зростання вторинної напруги. Оскільки кожна система запалювання має власні параметри, для неї підбирають свій конденсатор первинного кола, [ємність](#) якого перебуває в межах 0,17 – 0,35 [мкФ](#). Відхилення від цього показника в різних автомобілях різне.

Ємність вторинного кола C_2 складається з ємності котушки запалювання та іскрової свічки запалювання, а також залежить від довжини і розміщення високовольтних проводів, їх екранування для усунення радіоперешкод. Збільшення цієї ємності, в свою чергу, зменшує напругу у вторинній обмотці. Негативний вплив має також утворення нагару на електродах чи ізоляторі свічки, який шунтує іскровий проміжок і зменшує енергію вторинної напруги.

4.3.2.1. Конструкція і принцип роботи котушки запалювання, додаткового опору

Нині застосовують два види котушок запалювання – з розімкненим і замкненим магнітопроводом, які виготовляють за трансформаторною і автотрансформаторною схемами з'єднання обмоток.

Триклемна котушка запалювання з розімкненим магнітопроводом (рис. 4.3.5) – це [трансформатор](#), що має вторинну обмотку, виготовлену з тонкого дроту діаметром 0,07 – 0,09 мм, намотаного на осердя, яке являє собою пакет ізолюваних одна від одної пластин з [електротехнічної сталі](#); кількість витків становить 17 – 26 тисяч. Первинна обмотка котушки запалювання виготовлена з товстого дроту (діаметром 0,7 – 0,8 мм), яка намотана зверху на вторинну, що більше сприяє відведенню від неї теплоти, і має невелику кількість (270 – 300) витків. Вторинна обмотка одним кінцем з'єднана з виводом 8, а другим – з первинною обмоткою, тобто виконана за автотрансформаторною схемою. Коефіцієнт трансформації котушки запалювання становить $K_T = 56 – 230$.

Простір між обмотками і корпусом заповнюють ізолювальним наповнювачем – [рубраксом](#) або [трансформаторною оливою](#). Наповнені маслом котушки надійніші в експлуатації, однак вони більші за розміром і масою порівняно з котушками із сухою ізоляцією, а на їх виготовлення витрачається більше [міді](#). Фарфоровий ізолятор 1 і [карболітова](#) накривка 9 запобігають можливості пробою між осердям 14 і корпусом котушки 2.

Особливою вимогою до двигунів є надійний їх пуск за різних кліматичних умов. Для підвищення такої надійності використовують котушки запалювання з чотирма клемами (три низької і одна високої напруги). За такої конструкції ввімкнення первинної обмотки в мережу відбувається від вимикача запалювання через додатковий опір (варіатор), який приєднаний до клем ВК і ВКБ.

У момент пуску двигуна струм від вимикача стартера подається до клеми ВК і на первинну обмотку котушки запалювання. **Додатковий опір (варіатор)** при цьому вмикають, і живлення первинної обмотки відбувається більшим струмом, який створює вищу вторинну напругу. Однак у цьому режимі котушка має працювати впродовж короткого періоду, оскільки вона може "згоріти". Після пуску двигуна стартер вимикається, клема ВК від'єднується від джерела струму і тепер струм від вимикача запалювання подається на клеми ВКБ і через варіатор надходить у первинну обмотку, зменшуючись на величину спаду напруги на опорі.

Опір варіатора до того ж залежить від нагрівання його проводу. На малих обертах, коли контакти переривника перебувають триваліший час у замкненому стані, струм проходить через варіатор довше, нагріває провід більше, його опір збільшується до 4,8 Ом і струм у первинному колі зменшується. Зі збільшенням обертів, навпаки, провід нагрівається менше, його опір зменшується (до 1,25 Ом), а струм у первинному колі зростає.

Опір варіатора

Котушка запалювання в процесі роботи нагрівається, зокрема, її нагрівання до 80 °С знижує вторинну напругу приблизно на 1,5 кВ, тому котушки запалювання конструктивно встановлюють після вентилятора для охолодження примусовим напором повітря.

На деяких марках автомобілів застосовують котушки запалювання з твердою ізоляцією і замкнутим магнітопроводом, які встановлюють в електронних системах запалювання. Така конструкція стала можливою завдяки розробці спеціальних композиційних епоксидних мас, здатних забезпечити високі вимоги до ізоляції та важких експлуатаційних умов. Використання замкненого магнітопроводу дає змогу зменшити кількість міді для обмоток, а також габарити і масу котушки.

Двополюсну котушку з твердою ізоляцією (3012.3705) нині встановлюють на автомобілі ГАЗ з двигунами ЗМЗ-406. На рис. 4.3.6 наведено схему котушки із замкненим магнітопроводом та двома виводами, яку встановлюють на автомобілі "Фіат" польського виробництва.

Існують чотири вивідні котушки, де первинна обмотка розділена на дві частини, які працюють по чергові. Це забезпечує можливість у системах з низьковольтним розподілом енергії обслуговувати однією котушкою відразу чотири циліндри. У котушку вставлено високовольтні розподільні діоди.

Характеристику окремих котушок запалювання наведено в табл. 4.3.1

Характеристика окремих котушок запалювання

Марка котушки	Опір первинної обмотки, Ом	Опір вторинної обмотки, Ом	Коефіцієнт трансформації	Додатковий резистор
Б 114	0,37 – 0,41	21,5 – 23,0	227	С9107
Б 115	1,86 – 2,0	8,3 – 9,2	68	Б115
Б 116	0,78 – 0,79	15,6	153	С9107
Б 117	3,1 – 3,3	6,3 – 9,2	78,5	–
Б 118	0,72 – 0,73	15	115	С3325
27.3705	0,4 – 0,5	4,5 – 5,5	82	–
29.3705	0,45 – 0,55	11	90	–
30.3705	0,4 – 0,55	6,3 – 6,4	70	–

Головний недолік КСЗ – великий струм (до 5 А), що проходить через контакти переривника і спричинює їх електроерозійне спрацювання. Кардинальний спосіб зменшити іскріння цих контактів і подовжити термін їх експлуатації – це зменшити силу струму, який через них проходить. Однак у цьому разі зменшиться струм у первинній обмотці котушки, що є небажаним явищем.

4.3.2.2. Конструкція і принцип роботи переривника-розподільника

Переривник-розподільник містить переривник струму низької напруги, розподільник струму високої напруги, відцентровий та вакуумний автоматичні регулятори кута випередження запалювання і октан-коректор (у деяких переривниках встановлюють один регулятор – відцентровий або вакуумний). У більшості як контактних, так і контактно-транзисторних систем запалювання переривники-розподільники за своєю конструкцією принципово не відрізняються. Всі механізми переривника-розподільника змонтовано в корпусі 13 (рис. 4.3.7 а) і він урухомлюється в дію від шестерні [розподільного вала](#).

Робочими частинами переривника є вольфрамові контакти: нерухомий 18 (див. рис. 4.3.7 а), з'єднаний з корпусом ("масою"), і рухомий 17, ізольований від корпусу, та кулачка 12. Контакти змонтовано на рухомому диску 10, який у свою чергу

встановлено на вальниці в нерухомому диску, що прикріплений двома гвинтами до корпусу. Пластина стояка нерухомого контакту і рухомий контакт з [текстолітовою](#) опорою встановлені на спільній осі 13. Регулюючи зазор між контактами, попередньо послаблюють стопорний гвинт 16 і ексцентриком 11 повертають на осі пластину нерухомого контакту.

Рухомий контакт притискається до нерухомого пластинчастою пружиною 14, яка одним кінцем приклепана до важеля контакту, а другим прикріплена до кронштейна через ізолювальні деталі. Струм низької напруги підведений до рухомого контакту через клему 21 на корпусі переривника, ізолюваний провід 19 і пружину, яка притискає рухомий контакт до кулачка. Коли виступ кулачка набігає на текстолітову колодку, важіль повертається на осі і розмикає контакти. Кількість виступів кулачка дорівнює кількості циліндрів двигуна. Отже, за один оберт валика переривника відбувається розмикання кола низької напруги відповідно до кількості циліндрів, звідки випливає, що він має обертатися двічі повільніше від колінчастого вала двигуна, що забезпечується відповідним передавальним механізмом.

Відцентровий регулятор автоматично змінює кут випередження запалювання залежно від частоти обертання колінчастого вала двигуна. На привідному валику 9 (див. рис. 4.3.7, а), який обертається у двох [бронзографітових](#) втулках, закріплена пластина 11 з осями 25 для тягарців 10. Кожний з двох тягарців установлений одним кінцем на осі, а другим – пружиною 12 підтягується до валика. На штифти 24 тягарців посаджена своїми прорізами ведена пластина 26 кулачка 8. Втулка кулачка вільно сидить на верхньому кінці привідного валика 9 і від осьового переміщення утримується стопорним кільцем 27.

[Відцентровий регулятор](#)

[Робота відцентрового регулятора](#)

Таким чином, жорсткого з'єднання між привідним валиком урухомника та кулачком немає і кулачок має можливість повертатися відносно валика. Рухомий і нерухомий диски переривника з'єднані між собою гнучким неізолюваним проводом,

щоб зменшити опір струму низької напруги і запобігти [електричній корозії](#) у їхньому підшипнику.

Зі збільшенням частоти обертання валика тягарці під дією відцентрової сили розходяться, долаючи опір пружин, і своїми штифтами косими прорізами повертають пластину 26 з кулачком у напрямку його обертання. Контакти розмикаються раніше і кут випередження запалювання збільшується.

Пружини тягарців різняться між собою кількістю витків, діаметром дроту та довжиною. Одна з них має більшу [пружність](#) і її встановлюють з деяким натягом, що не дає змоги тягарцям розходитися за малої частоти обертання колінчастого вала двигуна. Друга пружина жорсткіша і встановлюється з невеликим люфтом.

Отже, відцентровий регулятор вступає в дію, коли відцентрова сила починає розтягувати менш жорстку пружину. При цьому забезпечується значне зростання кута випередження запалювання. Надалі вступає в роботу друга, жорсткіша пружина і зміна кута випередження запалювання сповільнюється. Зі зменшенням частоти обертання відцентрова сила зменшується, пружини притягують тягарці до валика і повертають кулачок, а з ним і кут випередження запалювання до попередньої величини.

Момент вступу в дію відцентрового регулятора залежить від технічних даних переривника-розподільника. Так, у переривнику Р4-Д (двигун ЗІЛ-130) він починає змінювати кут випередження запалювання за частоти обертання валика 800 хв^{-1} на $6 \pm 3^\circ$, а за 2800 хв^{-1} збільшує кут випередження до $35 \pm 3^\circ$.

Вакуумний регулятор випередження запалювання закріплюють на корпусі переривника гвинтами 7 (див. рис. 4.3.8 а). Він являє собою камеру, розділену діафрагмою 5, яка з тягою 8 з'єднана з рухомим диском 10. З іншого боку на діафрагму тисне пружина 4. Камера з пружиною герметична і штуцером 3 та металевією трубкою 2 з'єднана зі змішувальною камерою карбюратора над його дросельною заслінкою. Таким чином, з одного боку діафрагми в камеру підводиться [вакуум](#), а з другого – атмосферний тиск.

Під час роботи двигуна у впускному колекторі завжди виникає розрідження, величина якого залежить переважно від положення [дросельної заслінки](#) без урахування опору інших елементів всмоктувального шляху – [повітряного фільтра](#), перерізу, конфігурації і довжини каналів впуску тощо.

Після пуску двигуна і на холостому ході, коли в змішувальній камері карбюратора розрідження невелике, пружина 4 з діафрагмою вакуумного регулятора відтиснуті в бік корпусу переривника і рухомий диск з контактами максимально повернутий за ходом обертання кулачка, що забезпечує пізні запалювання.

У разі незначного відкривання дросельної заслінки (малі навантаження на двигун) розрідження в змішувальній камері, а відповідно, у з'єднаній з нею камері вакуумного регулятора, збільшується. Пружина з діафрагмою під дією атмосферного тиску стискається і через тягу повертає рухомий диск проти напрямку обертання кулачка. Розмикання контактів відбувається раніше, і кут випередження запалювання збільшується.

У разі подальшого збільшення навантаження на двигун і відкривання дросельної заслінки розрідження в змішувальній камері й корпусі вакуумного регулятора зменшується. Пружина 4 регулятора переміщує діафрагму і з'єднаний з нею диск переривника у напрямку обертання кулачка, автоматично зменшуючи кут випередження запалювання. Вакуумний регулятор збільшує кут випередження запалювання до $10 - 13^\circ$.

Зазвичай, автоматичні відцентровий і вакуумний регулятори застосовують разом. Проте в окремих переривниках, зокрема автомобілів ВАЗ (крім ВАЗ-2105 і ВАЗ-2107), вакуумний регулятор не встановлювали, а використовували лише один відцентровий автомат.

Іноді застосовують тільки вакуумні регулятори (рис. 4.3.9), які водночас виконують функції й відцентрових. Це забезпечується тим, що другим місцем забору вакууму є з'єднання в дифузорі карбюратора, де величина вакууму залежить від маси повітря, що засмоктується двигуном, тобто від частоти обертання колінчастого вала.

Октан-коректор дає змогу вручну змінювати кут випередження запалювання залежно від [октанового числа](#) бензину. Верхня частина 20 цього пристрою (див. рис. 4.3.7 а) з'єднана з корпусом 13 переривника, нижня 16 – з корпусом приводу урухомника або з корпусом двигуна.

Питання для самоконтролю

[1. Яке призначення систем запалювання та які вимоги до них ставлять?](#)

[2. Які прилади входять до складу системи батарейного запалювання?](#)

3. Для чого призначені автоматичні і ручний регулятори випередження запалювання?

4. Поясніть роботу батарейної системи запалювання

5. Поясніть маркування свічок запалювання

6. Які прилади належать до контактної-транзисторної системи запалювання?

7. Що називають коефіцієнтом трансформації котушок запалювання та чому він дорівнює для Б114?

8. У чому полягає принцип дії безконтактної-транзисторної системи запалювання і які основні прилади входять до її складу?

4.4.1. Призначення і будова системи електричного пуску двигуна

Система електричного пуску призначена для надійного пуску двигуна в різних експлуатаційних умовах. Надійний пуск двигуна внутрішнього згорання залежить від конструктивних особливостей двигуна, стану його механізмів і систем, а також умов експлуатації.

Поршневі двигуни внутрішнього згорання починають працювати стійко за відносно високих обертів колінчастого вала.

Отже, система пуску містить пристрій пуску для примусового обертання вала двигуна та, за необхідності, допоміжні пристрої для полегшення запуску холодного двигуна.

Існують такі вимоги до системи електричного пуску двигуна

- **бензиновий двигун:**

- приготування легкозаймистої робочої суміші;
- отримання достатньо потужної іскри;
- отримання високої енергії перших спалахів робочих ходів, достатньої для розгону колінчастого вала до мінімальної частоти стабільного обертання;

- **дизельний двигун:**

- інтенсивний стиск повітря в циліндрах, щоб забезпечити високу температуру;
- активне змішування палива з повітрям;

– дрібне розпилювання палива за впорскування форсунками, що забезпечить надійне самозаймання суміші.

Пусковий пристрій має обертати колінчатий вал із частотою, достатньою для початку й розвитку робочих процесів і сприяти виходу двигуна на усталену роботу. Характер пускових процесів різний для [двигунів Отто](#) й [дизелів](#). Для пуску автомобільних двигунів використовують системи [електростартерного пуску](#).

Електрична система пуску двигуна (рис. 4.4.1) складається із стартерної акумуляторної батареї, стартера, комутаційної апаратури і засобів полегшення пуску.

4.4.2. Будова та принцип роботи електричних стартерів і їх тягових реле

Електричний стартер призначений для обертання колінчастого вала з певною (пусковою) частотою, за якої забезпечуються умови для запалювання й згоряння пального в циліндрах двигуна.

Електричний стартер складається з [електродвигуна постійного струму](#), електромагнітного тягового реле та механізму урухомлення. Іноді в нього вмонтовують додатковий редуктор.

Вузлами і деталями електростартера (рис. 4.4.2) є корпус (стакан) 9 з прикріпленням до нього статором, якорем 7 з колектором 6, механізм урухомлення з муфтою 13 вільного ходу, шестірнею 18 та буферною пружиною 12, електромагнітне тягове реле з обмоткою 27 і контактними гвинтами 31, 32, накривки з боку урухомлення 20, 22, накривка 5 з боку колектора та щітковий вузол 1 із щіткотримачами 4.

Корпуси 5, 11 електростартерів (рис. 4.4.3), які є частиною магнітної системи і несучою конструкцією для накривок 1, 8, виготовляють із труби або із сталевих штабів. До корпусу 11 гвинтами 17 прикріплюють чотири полюси з котушками обмотки збудження.

Кількість котушок 3 (рис. 4.4.4) та полюсів 2 однакова. Котушки 3 послідовної обмотки збудження мають невелику кількість витків із неізолюваного мідного дроту прямокутного перерізу марки ПММ. Витки ізолювано один від одного [електроізоляційним картоном](#) А завтовшки 0,2 – 0,4 мм. Котушки паралельної

обмотки в стартерах змішаного збудження намотують з ізолюваного круглого проводу. Ззовні котушки ізолюють бавовняною стрічкою чи полімерними матеріалами. Котушки в обмотках з'єднують послідовно, попарно-паралельно або паралельно. Струм в обмотку збудження надходить через головні контакти тягового реле багатожильним проводом (чи мідною шиною), який проходить через ізоляційні втулки в корпусі або в кришці з боку колектора.

Якір стартера (рис. 4.4.5) – це шихтоване осердя 2, у пази якого вкладено обмотку 3. В шихтованому осерді 2 менші втрати на [вихрові струми](#). Осердя 2 якоря напресовано на вал 3 (рис. 4.4.6), що обертається на двох чи трьох опорах із [бронзо-графітними](#) вальницями 5 (рис. 4.4.4) або з вальницями з порошкового матеріалу

В якорях стартерних електродвигунів застосовують прості хвильові та петльові обмотки з одно- та двовитковими секціями.

Одновиткові секції обмотки збудження 3 (рис. 4.4.5) якоря роблять із неізолюваного проводу прямокутного перерізу марки ПММ, двовиткові – з ізолюваного проводу круглого перерізу. Відкриті, напівзакриті або закриті пази 2 (рис. 4.4.6) якорів можуть мати прямокутну чи грушоподібну форму. Пази 2 прямокутної форми краще заповнювати проводом 3 (рис. 4.4.5) прямокутного перерізу, укладаючи його в два шари, й ізолюючи один від одного та від пакета якоря гільзами 8-подібної форми з електрокартону або полімерної плівки. Пази грушоподібної форми зі сталим чи змінним перерізом зубця застосовують у стартерах малої потужності з двовитковими секціями.

Кінці секцій обмотки якоря кладуть у пази колекторних пластин 1 (рис. 4.4.5). Кінець однієї секції та початок наступної приєднують до однієї колекторної пластини. У деяких електростартерах застосовують збірні циліндричні колектори на металевій втулці, а також циліндричні та торцеві колектори з пластмасовим корпусом. Збірні циліндричні колектори, які використовують на стартерах великої потужності, складають з мідних пластин та ізолювальних прокладок із [миканіту](#), [слюдиніту](#) чи слюдопласту. Пластини в колекторі закріплюють за допомогою металевих натискних кілець та ізоляційних корпусів по бічних опорних поверхнях. Від металевої втулки, яку напресовують на вал якоря, мідні пластини ізолюють миканітовою циліндричною втулкою. У циліндричних колекторах із пластмасовим корпусом [пластмаса](#), що є формувальним елементом колектора, ізолює колекторні пластини від вала і сприймає навантаження. Для підвищення міцності колектора 1 в

пластмасовий корпус введено армовані кільця з металу чи пресматеріалу. Невеликі колектори можна виготовляти із суцільної циліндричної заготовки, яку розрізують після спресовування пластмасою на окремі ламелі.

Накривку 5 (рис. 4.4.7) з боку колектора виливають із чавуну, сталі, алюмінію, цинкового сплаву або штампують зі [сталі](#). Безпосередньо до накривки або до траверси заклепками чи гвинтами прикріплюють щіткотримачі 6 ізольованих магнітних щіток 2, які відокремлюють від накривки 5 прокладками з [текстоліту](#) або зіншого ізоляційного матеріалу. Конструкція щіткотримачів 6 така, що щітки 2 легко замінювати.

Щітки 2 мають канатики 4 з наконечниками для приєднання до щіткотримачів 6. В електростартерах застосовують мідно-графітові щітки 2, які містять свинець та олово. Більше графіту в щітках для потужних стартерів і стартерів із важкими умовами комутації.

Накривки з боку урухомника стартера 1 (рис. 4.4.8) виливають з [алюмінієвого сплаву](#) або з [чавуну](#). Конструкція накривки залежить від матеріалу, з якого її виготовлено, типу механізму урухомника, способу прикріплення стартера на двигуні тягового реле на стартері. Встановлені фланці накривки мають не менше двох отворів для болтів кріплення стартера. Розміри приєднувальних деталей регламентовано стандартами. Фланцеве кріплення стартера до картера зчеплення або до маховика, у разі його знімання та повторного встановлення, дає змогу зберегти сталюю міжосьову відстань у зубчастому зчепленні. У накривці передбачено отвір, який дає змогу шестірні урухомника входити в зачеплення з вінцем маховика. Існують численні модифікації стартерів, які відрізняються один від одного розміщенням кріпильних отворів фланця та положенням накривки з боку урухомника щодо тягового реле.

Стартери потужністю понад 4,4 кВт і діаметром корпусу 130 – 180 мм розміщують у заглибинах спеціальних приливок двигуна. До посадкової поверхні приливка двигуна корпус стартера притискають сталевими стрічками. Від повороту стартер фіксують шпонками або штифтами. У накривках та проміжній опорі стартера ставлять вальниці ковзання.

Проміжну опору роблять у стартерах, які мають діаметр корпусу 115 мм і більше. Опору у вигляді диска з чавуну, сталі чи алюмінієвого сплаву затискають

між корпусом та накривкою з боку урухомника або прикріплюють до накривки. Вальниці змащують у процесі виготовлення або ж під час технічного обслуговування та експлуатації. У стартерах великої потужності бобишки вальниць мають маслянки з резервуарами для мастильного матеріалу і мастильними фільцями.

Тягове реле прикріплюють до накривки з боку урухомника. Дистанційно кероване тягове реле забезпечує введення шестірни в зачеплення з вінцем маховика і вмикає стартерний електродвигун до акумуляторної батареї.

Реле може мати одну або дві (втягуючу і утримуючу) обмотки збудження, намотані на [латунну](#) втулку 2, в якій вільно переміщується сталевий якір 3, що діє на шток 1 із рухомим контактом 4.

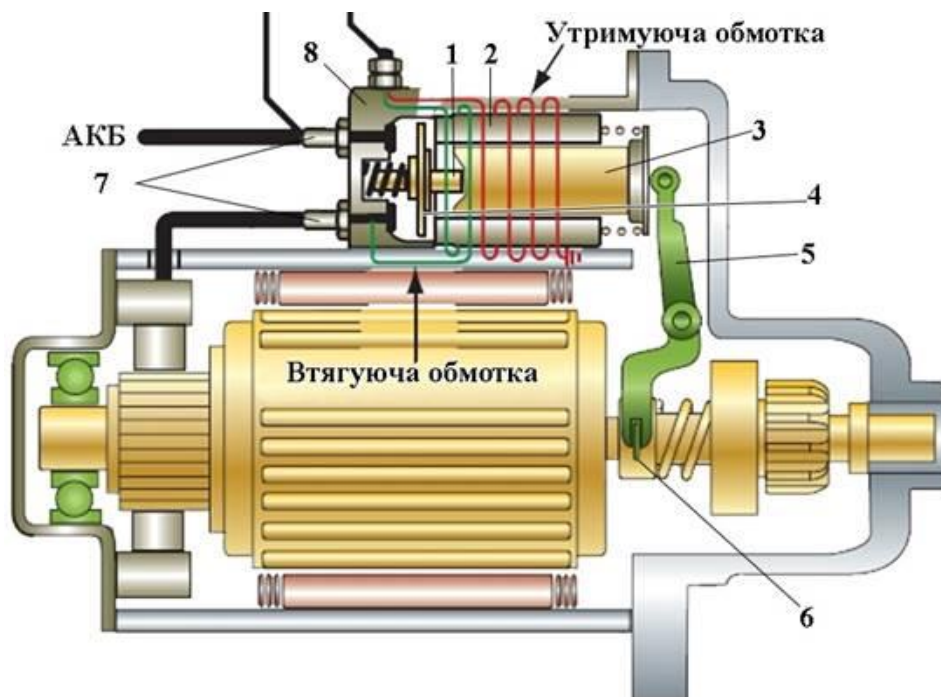


Рис. 4.4.10. Будова тягового реле електростартера:

1 – шток; 2 – втулка; 3 – якір; 4 – рухомий контакт (диск); 5 – важіль урухомника; 6 – повідцева муфта; 7 – нерухомі контакти (гвинти); 8 – пластмасова накривка

Два нерухомих контакти 7 у вигляді контактних болтів закріплюють у пластмасовій накривці 8 тягового реле. У двообмотковому реле утримувальну обмотку, розраховану тільки на утримання якоря реле в притягнуеному до осердя стані, виготовлено з проводу меншого діаметра і з прямим виводом на масу. Втягуючу обмотку підімкнено паралельно до контактів 7 реле. Коли реле увімкнено,

вона діє згідно з утримувальною обмоткою та створює потрібну силу притягування, якщо зазор між якорем та осердям максимальний.

Коли стартерний електродвигун працює, замкнені контакти 7 і 8 тягового реле (рис. 4.4.11) шунтують, втягуючи обмотку. Тягове реле важелем 5 (рис. 4.4.10) з'єднано з механізмом урухомника, розміщеним на частині вала зі шліцами. Важіль діє на привод через повідкову муфту 6. Важіль урухомника 5 виливають із полімерного матеріалу або складають із двох штампованих сталевих частин, які з'єднують клепанням чи зварюванням.

4.4.3. Конструктивні особливості та принцип дії механізму введення урухомлювальної шестірні електричного стартера із маховиком колінчастого вала двигуна

Механізм урухомника з муфтою вільного ходу забезпечує введення й утримування шестірні в зачепленні з вінцем маховика під час пуску двигуна, передавання потрібного крутного моменту колінчастому валу та запобігає руйнуванню якоря стартерного електродвигуна, від'єднуючи його від маховика працюючого двигуна.

Найбільшого поширення в електростартерах набули безшумні й технологічні роликові муфти вільного ходу, здатні за невеликих розмірів передавати значні крутні моменти.

Роликові муфти малочутливі до забруднення, не потребують догляду та регулювання під час експлуатації.

Муфта вільного ходу роликового типу (рис. 4.4.15) може вільно переміщуватися спеціальними шліцами вала стартера. На шліцевій напрямній втулці закріплено зовнішню ведучу обойму 8, в якій є чотири клинчастих пази з роликами 5, що їх відтискує в бік вузької частини паза штовхач – плужер 10 із притискнутою пружиною 7. Якщо стартер увімкнено, то крутний момент від ведучої обойми 4 (рис. 4.4.16 а) через ролики 3 передається на ведену обойму 2, виготовлену як єдине ціле з