

НМЦ . Система охолодження двигуна

https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/traktoru_i_avtomobili_I_g/traktoru_i_avtomobili_I_g/3/3_8.htm

[3.8.1. Умови роботи і тепловий режим роботи двигуна](#)

[3.8.2. Рідинна і повітряна система охолодження: переваги і недоліки](#)

[3.8.2.1. Призначення та класифікація систем охолодження](#)

[3.8.2.2. Загальна будова та робота систем охолодження](#)

[3.8.2.3. Вимоги до систем охолодження](#)

[3.8.2.4. Переваги і недоліки рідинної та повітряної систем](#)

[3.8.3. Прилади та механізми системи рідинного і повітряного охолодження двигунів](#)

[3.8.3.1. Рідинні насоси](#)

[3.8.3.2. Радіатори](#)

[3.8.3.3. Пристрої для регулювання теплового режиму двигуна](#)

[3.8.4. Охолоджувальні рідини](#)

[3.8.5. Перспективи вдосконалення систем охолодження](#)

[3.8.5.1. Сучасні вимоги до систем охолодження](#)

[3.8.5.2. Регулювання теплового режиму зміною повітряного потоку через радіатор](#)

[3.8.5.3. Регулювання теплового режиму двигуна зміною кількості циркулюючої охолоджувальної рідини через радіатор](#)

[3.8.6. Технічне обслуговування системи охолодження двигуна](#)

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 – 35%.

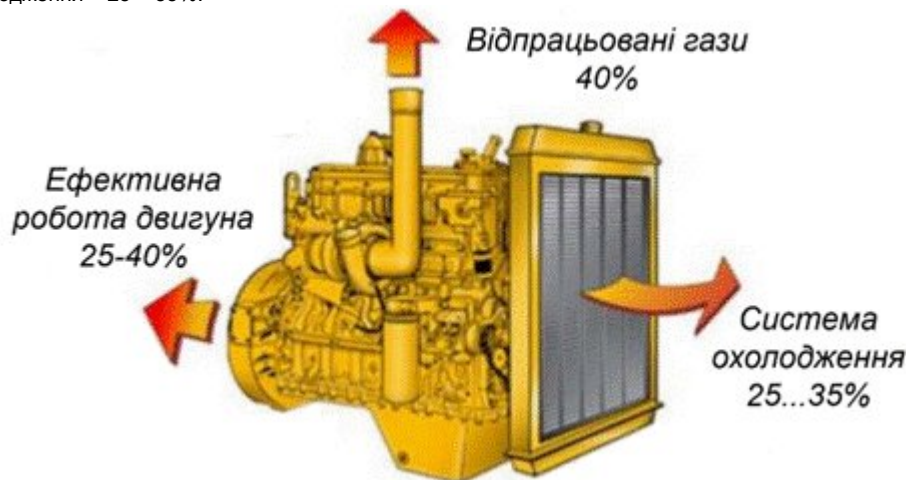


Рис. 3.8.1. Витрата тепла під час роботи двигуна

Середня температура газів упродовж робочого циклу становить близько 900°C. Частину [теплоти](#) сприймають деталі двигуна (циліндри, головка циліндрів, поршні тощо), внаслідок чого температура їх підвищується.

Якщо ці деталі не охолоджувати або охолоджувати недостатньо, то нормальна робота двигуна може бути порушена таким: 	– погіршується якість масла, збільшується зношування деталей; – передчасно займається робоча суміш і можлива детонація під час її згоряння (карбюраторний двигун); – зменшуються зазори в рухомих спраженнях, з'являється можливість заклинювання деталей, – погіршується наповнення циліндрів; – знижується потужність двигуна.
Якщо температура буде нижчою, ніж потрібно: 	– втрачається корисна теплота; – паливо недостатньо випаровується, погано займається, повільно горить, внаслідок чого потужність двигуна знижується; – внаслідок конденсації палива зі стінок циліндрів змивається масло.

Отже, для забезпечення нормальної роботи двигуна слід підтримувати оптимальну [температуру](#) його деталей. Доведено, що найефективнішою роботою двигуна є його робота за температурного режиму 80 – 95°C охолоджувальної рідини.

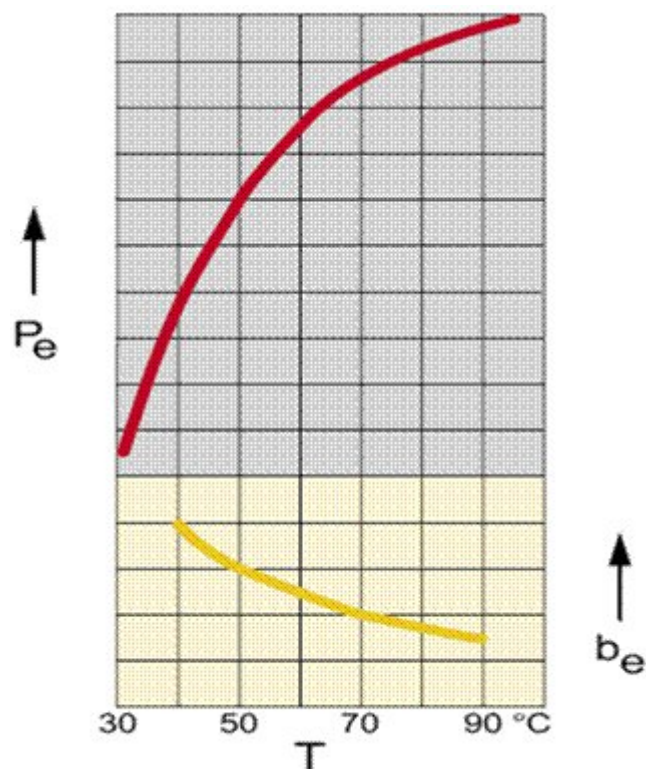


Рис. 3.8.2. Залежність потужності двигуна і витрата палива від температури двигуна:

P_e – потужність двигуна; b_e – витрата палива; T – температура двигуна

Оптимальний тепловий режим – режим роботи двигуна, за якого двигун працює, не перегріваючись з номінальною [потужністю](#). Як критерії оцінювання теплового стану використовують температуру охолоджувальної рідини або масла 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.

Призначення системи охолодження

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.

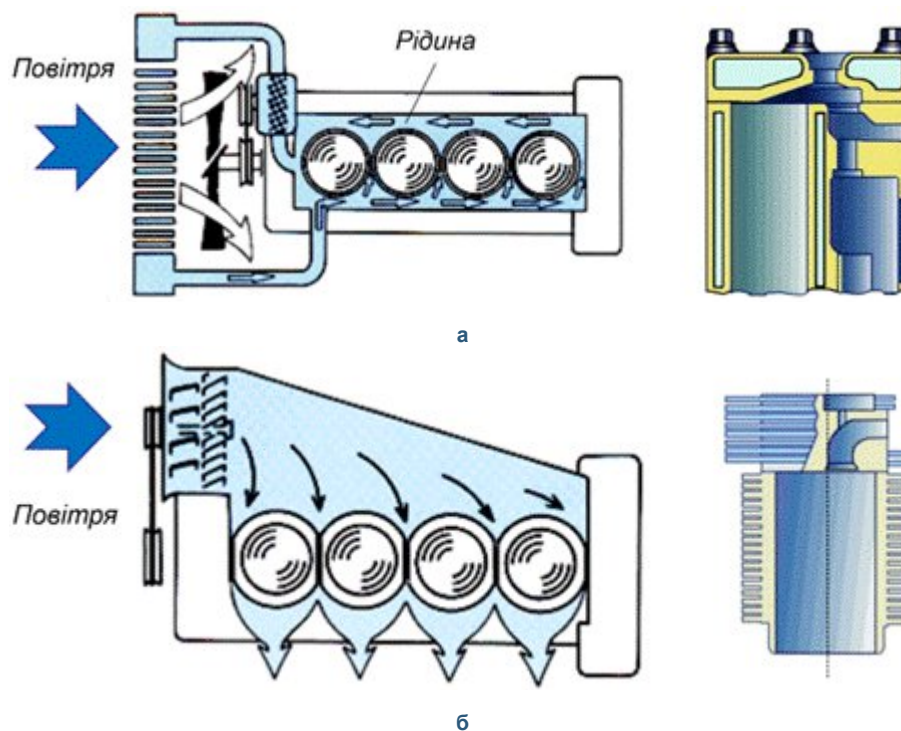


Рис. 3.8.3. Типи систем охолодження: а – рідинна; б – повітряна

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](#).

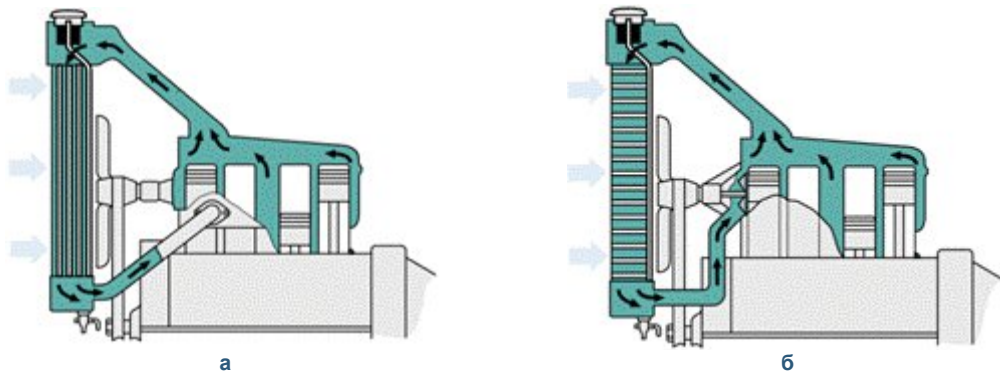


Рис. 3.8.4. Рідинні системи охолодження: а – термосифонна; б – з примусовою циркуляцією рідини

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.

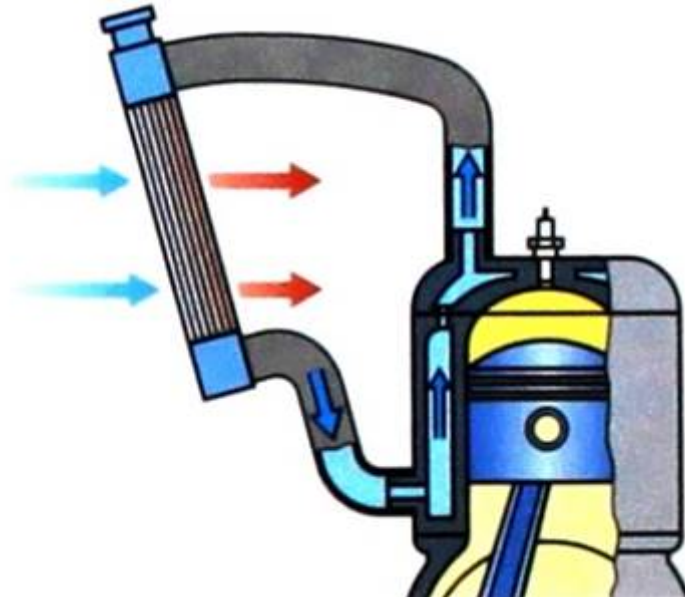
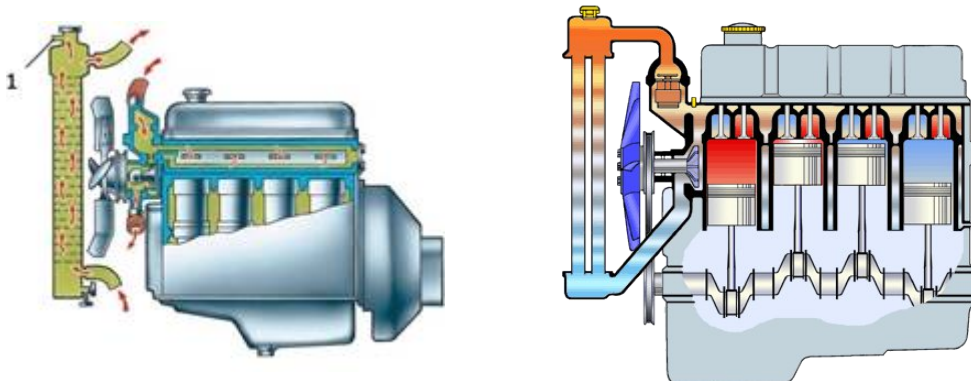


Рис. 3.8.5. Термосифонна система охолодження пускового двигуна

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



а

б

Рис. 3.8.6. Системи охолодження залежно від способу сполучення водяної сорочки із атмосферою:

а – відкрита: 1 – паровідвідна трубка; б – закрыта: 1 – корок з пароповітряним клапаном

Переваги закритої системи:

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

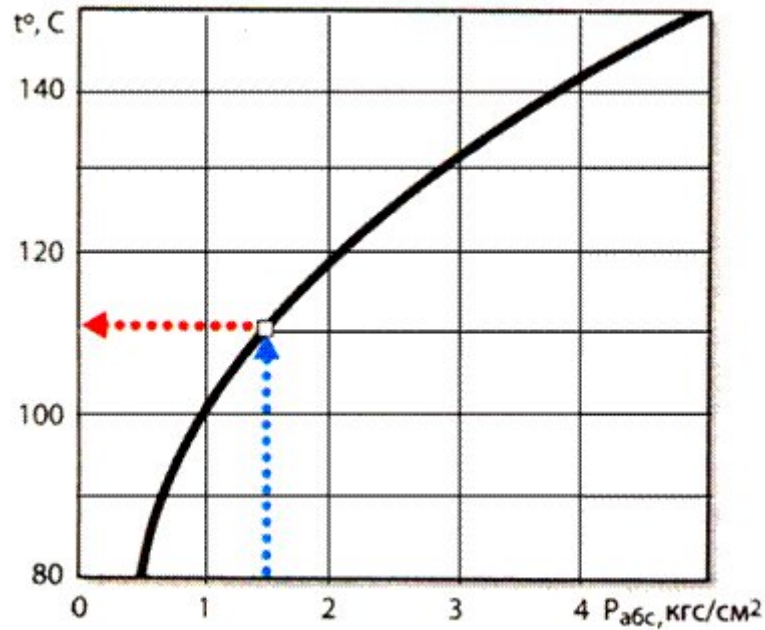
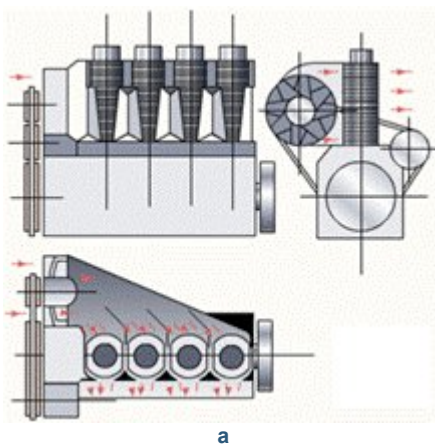


Рис. 3.8.7. Залежність температури кипіння від тиску охолоджувальної рідини:

t^0 – температура рідини; $P_{абс}$ – тиск рідини

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



а



б

Рис. 3.8.8. Система повітряного охолодження рядного двигуна:

а – схема циркуляції повітря; б – загальний вигляд двигуна DEUTZ

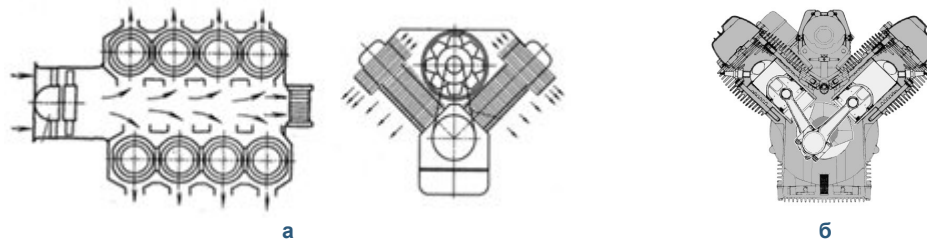
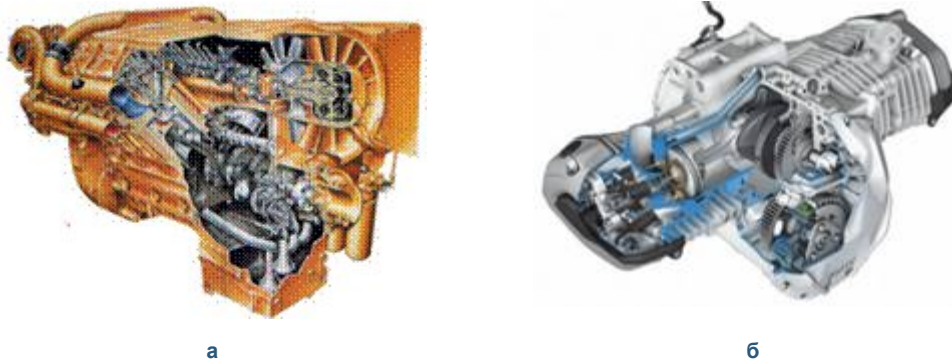


Рис. 3.8.9. Система повітряного охолодження V-подібного двигуна:

а – схема циркуляції повітря; б – загальний вигляд двигуна



а

б

Рис. 3.8.10. Двигуни з повітряним охолодженням:

а – V-подібний двигун DEUTZ; б – опозитний двигун BMW



а

б

Рис. 3.8.11. Деталі двигуна з повітряним охолодженням: а – головка циліндра; б – циліндр

Класифікація систем охолодження

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.

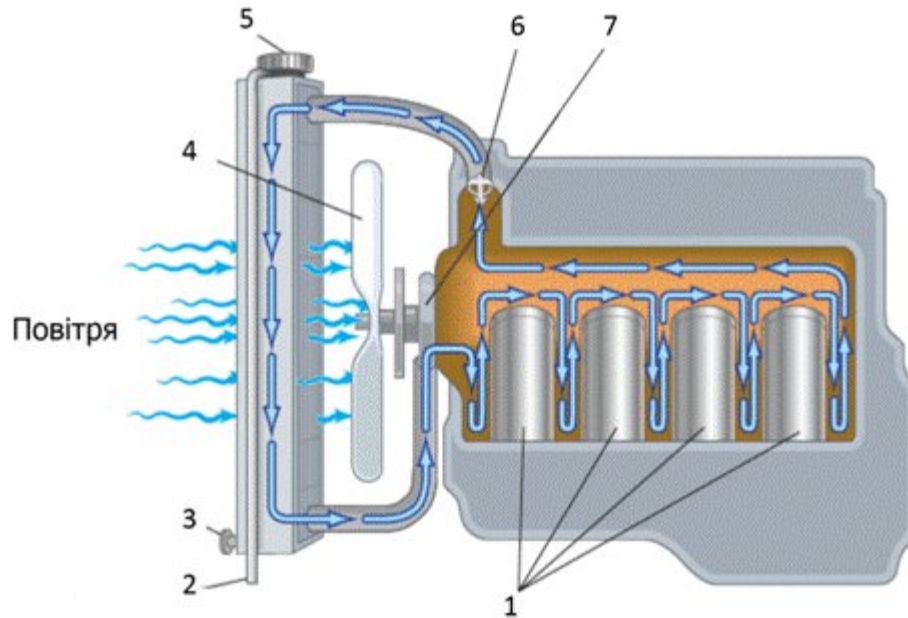


Рис. 3.8.12. Схема рідинної системи охолодження:

1 – циліндри; 2 – паровідвідна трубка; 3 – зливний кран; 4 – вентилятор; 5 – пробка радіатора; 6 – клапан-термостат; 7 – відцентровий насос

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 показчика температури рідини, а також патрубків, за допомогою яких з'єднують всі елементи системи.

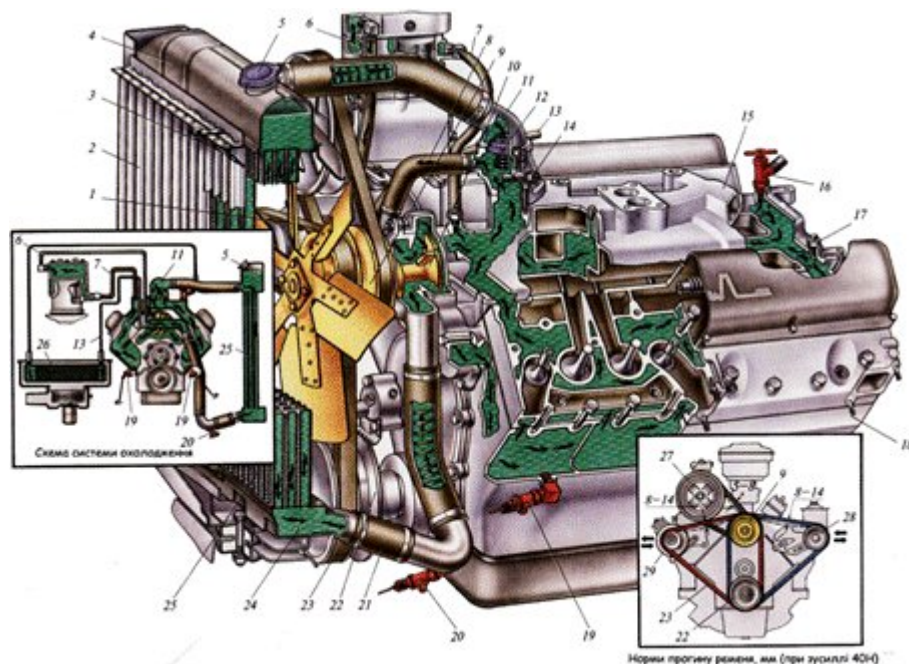


Рис. 3.8.13. Система охолодження автомобіля ЗІЛ-4331:

1 – вентилятор; 2 – жалюзі; 3 – трос урухомлення жалюзі; 4 – верхній бак радіатора; 5 – коробок; 6 – шланг відведення води від головки компресора; 7 – шланг підведення води в компресор; 8 – перепускний шланг до водяного насоса; 9 – шків водяного насоса і вентилятора; 10 – водяний насос; 11 – верхній патрубок підведення води в радіатор; 12 – термостат; 13 – шланг відведення води від опалювача; 14 – датчик сигналізатора перегріву води; 15 – впускний колектор пальної суміші; 16 – кран підведення води до опалювача; 17 – датчик температури води; 18 – блок циліндрів; 19 і 20 – крани зливу води з блоку циліндрів і радіатора відповідно; 21 – шланг для підведення води до насоса

з радіатора; 22 – шків колінчастого валу; 23 – пас урухомника вентилятора і водяного насоса; 24 – нижній бак радіатора; 25 – серцевина радіатора; 26 – радіатор опалювача

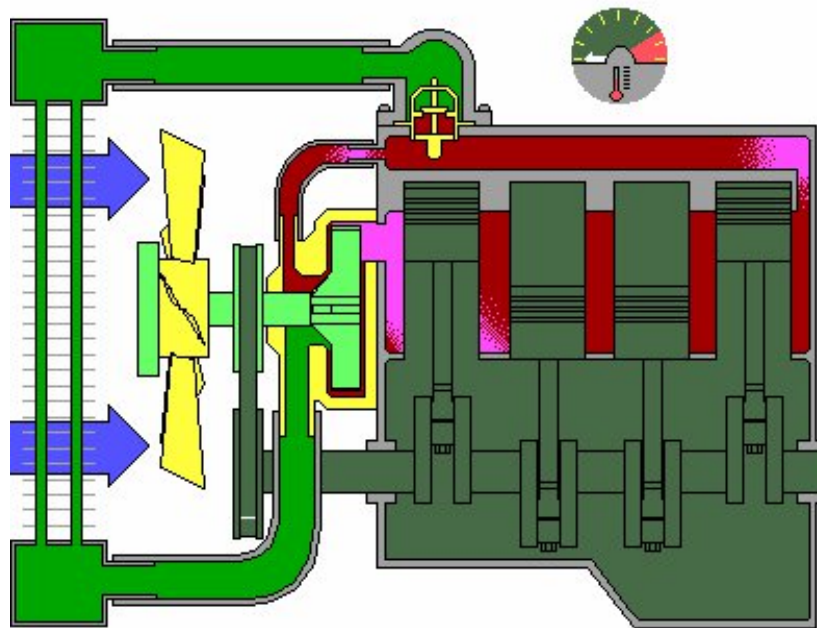
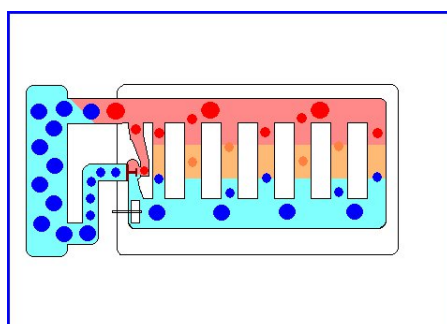
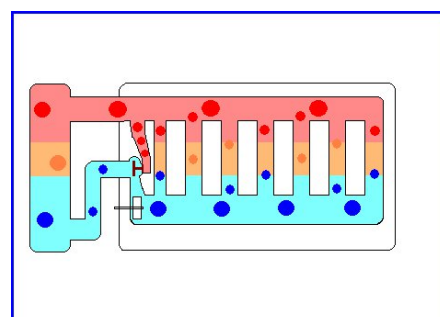


Рис. 3.8.14. Принцип роботи рідинної системи охолодження

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 $70 - 75^{\circ}\text{C}$ 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 валу 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 $80 - 95^{\circ}\text{C}$, а вода, що входить у водяну сорочку, $70 - 75^{\circ}\text{C}$, тобто у радіаторі вода знижує температуру на $10 - 20^{\circ}\text{C}$.



Мале коло циркуляції



Велике коло циркуляції

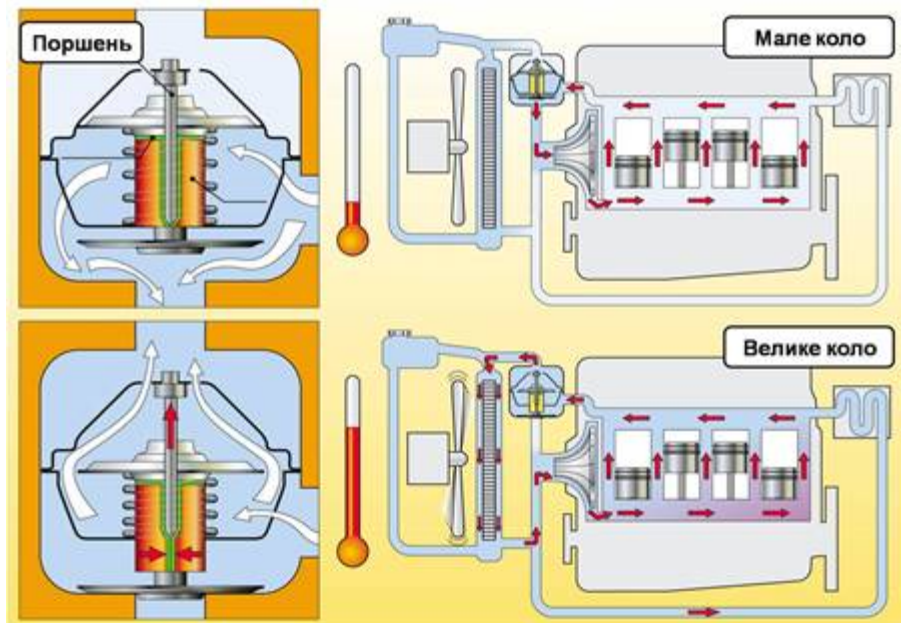


Рис. 3.8.15. Кола циркуляції охолоджувальної рідини

Сорочка охолодження (водяна сорочка) утворена порожнинами й протоками в головці і блоку циліндрів.

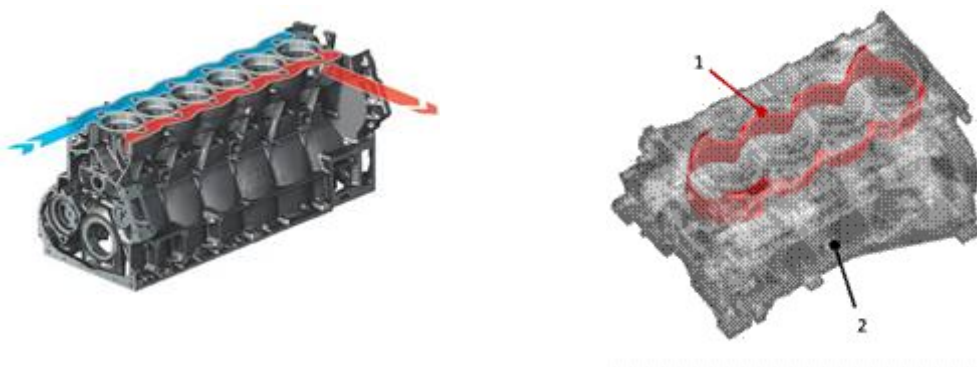


Рис. 3.8.16. Сорочка охолодження:

1 – сорочка охолодження; 2 – блок циліндрів

Конструкція та принцип дії рідинної системи охолодження

Будова і робота повітряної системи охолодження. Система повітряного охолодження має примусове обдування деталей двигуна повітряним потоком.

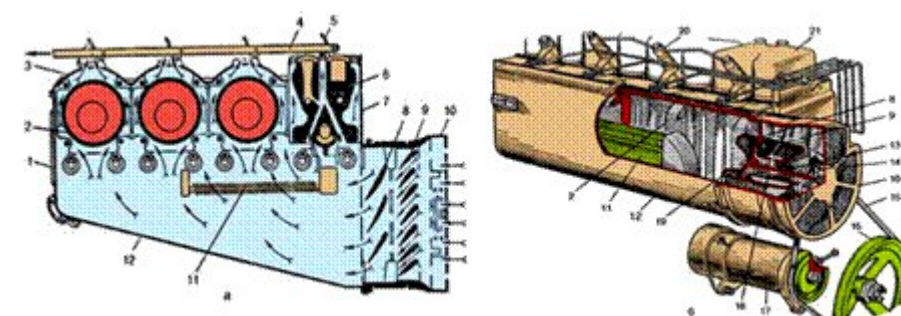


Рис. 3.8.17. Система повітряного охолодження дизельного двигуна Д-144:

1, 3, 7 – задній, середній і передній дефлектори; 2 – циліндр; 4 – тяга управління жалюзі; 5 – жалюзі; 6 – головка циліндра; 8 – ротор вентилятора; 9 – напрямний апарат; 10 – захисна сітка; 11 – масляний радіатор; 12 – кожух; 13 – вал; 14, 16 – шків; 15 – пас; 17 – генератор; 18 – стяжний болт; 19 – обтічник; 20 – форсунка; 21 – ковпак клапанного механізму

Складається система з напрямного кожуха 9, дефлекторів 1,3,7, які кріплять до циліндрів 2 шпильками, ребер і головки циліндрів 6, вентилятора з ротором 8, напрямного апарата, масляного радіатора 11, захисної стінки 10 її каркаса та шків 14, 16.

Принцип дії цієї системи полягає у відведенні тепла від стінок головки і циліндрів потоком повітря, що нагнітається лопатями вентилятора, який урухомлюється [клиноподібним пасом](#) від колінчатого вала двигуна через шків. Повітряний потік від вентилятора напрямним кожухом спрямовується через щілини між [дефлекторами](#) на зовнішні поверхні циліндрів і до головок циліндрів. Для збільшення площі відведення тепла циліндри і головки виготовляють з ребрами. Тепловий режим двигуна регулюють за допомогою жалюзі на виході повітря або [дроселюванням](#) потоку повітря на вході у вентилятор (встановленням спеціального диску взимку). Тепловий стан двигуна контролюють сигналізатором перегрівання, [датчик](#) якого встановлений у головку циліндра. Нормальна робота двигуна характеризується температурою масла в системі мащення не більше 70 – 95°C.



Рис. 3.8.18. Деталі контролю теплового режиму двигуна з повітряним охолодженням:

а – показчик; б – датчик

Конструкція та принцип дії повітряної системи охолодження

3.8.2.3. Вимоги до систем охолодження

На сучасних тракторах і автомобілях система охолодження, окрім основної функції (забезпечення оптимального теплового режиму), виконує низку інших функцій, а саме:

- нагрівання повітря в системі опалення, вентиляції і кондиціонування;
- охолодження масла в системі мащення;
- охолодження відпрацьованих газів у системі рециркуляції відпрацьованих газів;
- охолодження повітря в системі турбонадування;
- охолодження робочої рідини в автоматичній коробці передач.

3.8.2.4. Переваги і недоліки рідинної та повітряної систем

До недоліків системи рідинного охолодження належать:

- висока вартість радіатора;
- велика кількість патрубків, каналів, защільників, які потребують уваги в процесі технічного обслуговування.

Переваги і недоліки системи повітряного охолодження:

- простіша, ніж рідинного, і зручніша в експлуатації;
- потребує значної потужності урухомника вентилятора, втрат частини індикаторної потужності;
- не забезпечує рівномірного охолодження деталей;
- створює більший шум;
- важкий пуск у холодну пору року;
- гірше охолодження за низьких обертів колінчастого вала.

3.8.3. Прилади та механізми системи рідинного і повітряного охолодження двигунів

3.8.3.1. Рідинні насоси

Щоб змусити рідину рухатися у системах охолодження, застосовують відцентрові насоси. Вони конструктивно прості, надійні в роботі і не порушують термосифонну циркуляцію рідини, коли не працюють.

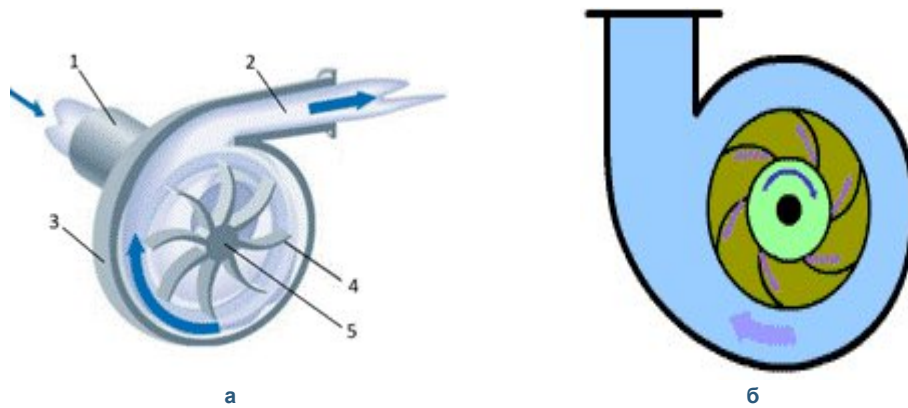


Рис. 3.8.19. Рідинний відцентровий насос:

а – будова: 1 – патрубок для підведення рідини; 2 – патрубок для відведення рідини; 3 – корпус; 4 – крильчатка; 5 – вал;
б – принцип дії

Шків отримує обертання від колінчастого вала клиновим пасом. Під час обертання крильчатки рідина, що міститься між її лопатями, викидається відцентровою силою в порожнину нагнітання. Насоси більшості двигунів об'єднано в один вузол з вентилятором.

Насос складається з корпусу, підвідного і відвідного каналів, валика на вальницях (на ньому закріплено шків урухомника і крильчатку).

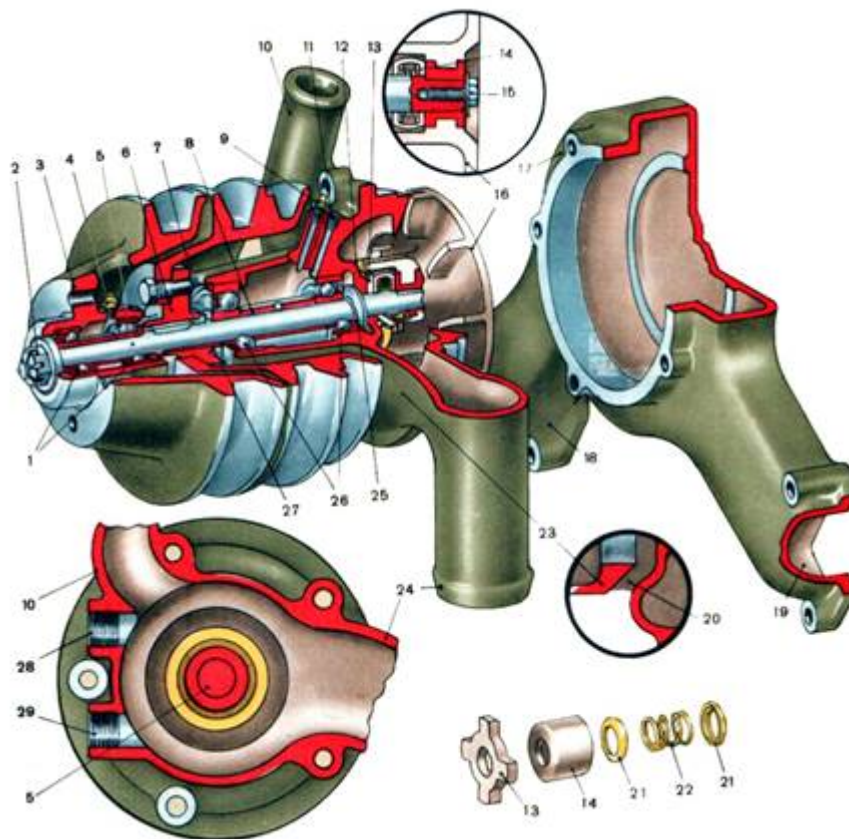


Рис. 3.8.20. Рідинний насос автомобіля ЗІЛ-131:

1 – вальниці шків вентилятора; 2 – гайка затяжки вальниць; 3 – однорядний шків; 4 – маслянка змащення вальниць шків; 5 – вал водяного насоса; 6 – маточина шків водяного насоса; 7 – дворядний шків; 8 – втулка розпору вальниць; 9 – маслянка змащення вальниць вала; 10 – патрубок перепускного шланга; 11 – пробка контрольного отвору; 12 – обійма крильчатки водяного насоса; 13 – графітізована упорна шайба; 14 – гумовий защільник; 15 – болт кріплення крильчатки насоса; 16 – крильчатка водяного насоса; 17 – корпус водяного насоса; 18 – патрубок подачі охолоджувальної рідини в сорочку охолодження правого ряду блоку циліндрів; 19 – патрубок подачі охолоджувальної рідини в сорочку охолодження лівого ряду блоку циліндрів; 20 – отвори зливу рідини за несправного защільника; 21 – упорна шайба пружини; 22 – розпірна пружина защільника; 23 – корпус вальниць насоса; 24 – патрубок подачі рідини в насос; 25 – водоскидач; 26 – вальниці вала насоса; 27 – конусна втулка шків; 28 – отвір штуцера зливу рідини з компресора; 29 – отвір штуцера зливу рідини з нагрівника

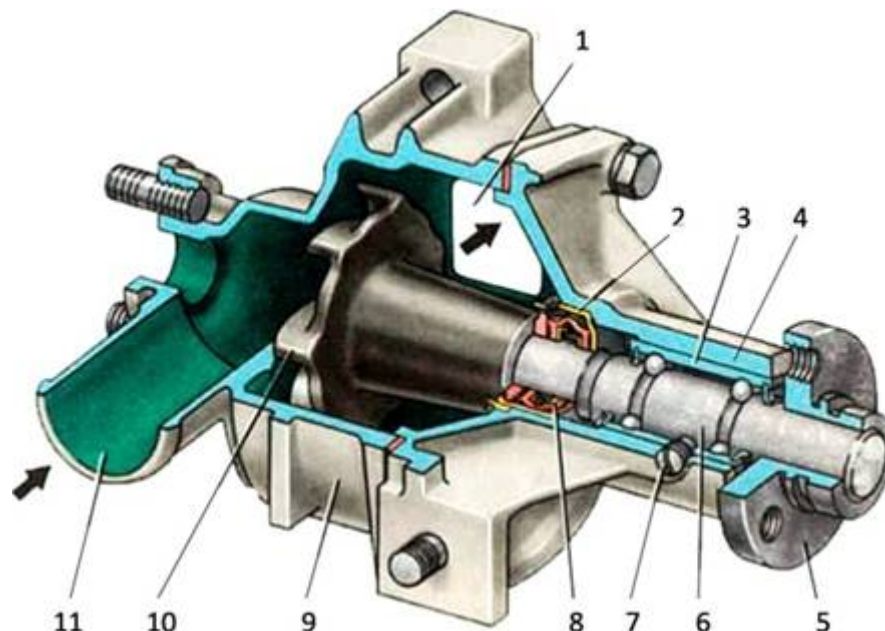
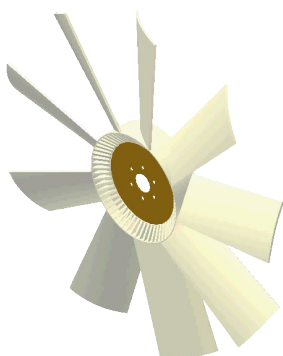


Рис. 3.8.21. Рідинний насос автомобіля ВАЗ-2107:

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

Будова та робота водяного насоса

Вентилятор призначений для створення повітряного потоку, що обдуває трубки радіатора. Подача повітря вентилятором залежить від частоти обертання крильчатки, кількості лопатей, їхніх розмірів і профілю.



а



б

Рис. 3.8.22. Деталі для створення повітряного потоку через радіатор:

а – вентилятор; б – кожух (дифузор)

Зазвичай крильчатки вентиляторів чотири- або шестилопатеві, які обертаються в спеціальному кожусі ([дифузорі](#)), прикріпленому до радіатора. Кожух забезпечує потрібний напрямок повітряного потоку і захищає крильчатку від пошкодження.

Конструкція вентиляторa

Вентилятор радіатора може мати різні види урухомлення: механічний, гідромеханічний, електромагнітний, електричний.

Механічний привід вентилятора – це постійний привід від колінчастого вала за допомогою пасової передачі. Недоліком цього урухомлення є суттєві витрати потужності на обертання вентилятора (3 – 6% від потужності двигуна) і, головне, охолоджує двигун незалежно від його температурного режиму. Тому нині механічний привід вентилятора майже не використовують.

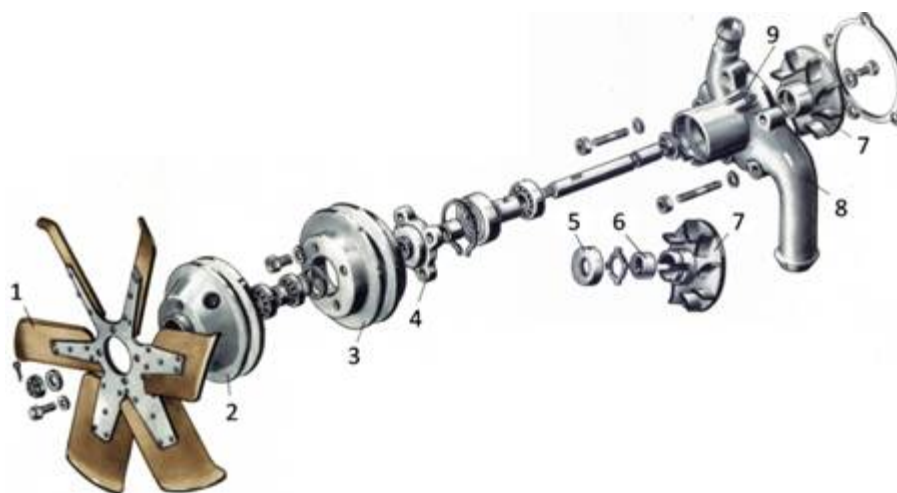


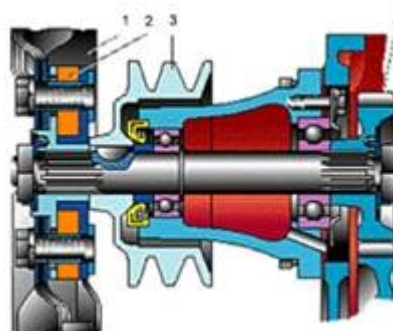
Рис. 3.8.23. Механічний привід вентилятора:

1 – вентилятор; 2 – шків вентилятора; 3 – шків насоса; 4 – маточина шківа водяного насоса; 5 – обойма ущільнення; 6 – гумовий ущільнювач; 7 – крильчатка водяного насоса; 8 – корпус насоса; 9 – контрольний отвір

Щоб привід вентилятора не відчував великих навантажень за різкої зміни режимів роботи двигуна (вентилятор має достатній момент інерції), встановлюють пружну гумову муфту.



а



б

Рис. 3.8.24. Пружна муфта урухомлення вентилятора:

а – загальний вигляд; б – будова: 1 – вентилятор; 2 – пружна муфта; 3 – шків; 4 – шестерня урухомлення вентилятора

Гідромеханічний привід вентилятора може бути представлений вісكومфтою або гідравлічною муфтою.

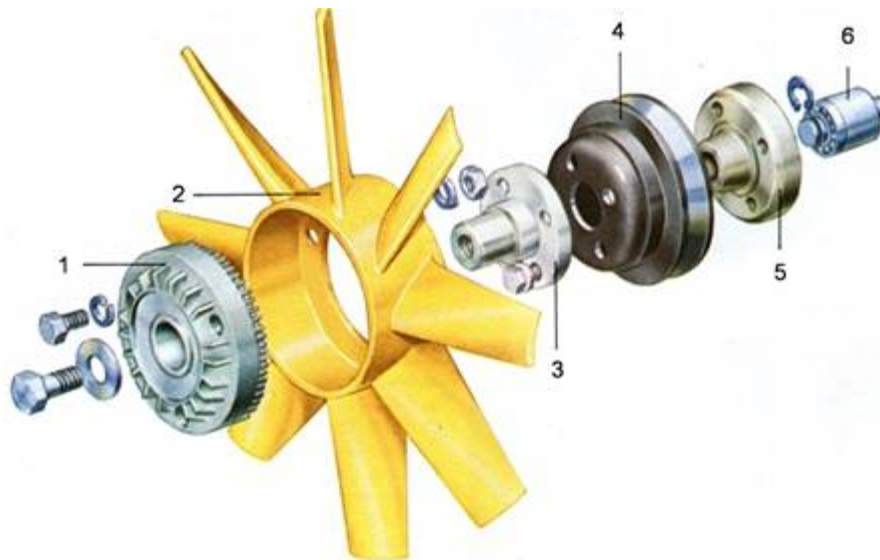


Рис. 3.8.25. Привід вентилятора вісكومфтою:

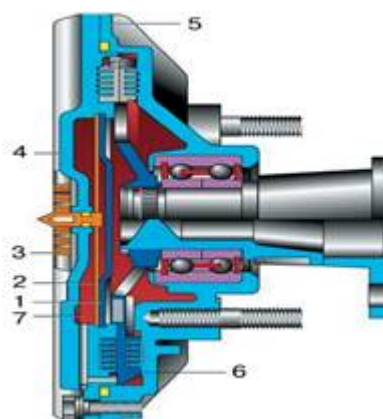
1 – вісكومфта; 2 – вентилятор; 3 – привідний вал; 4 – шків вентилятора; 5 – маточина вентилятора; 6 – підшипник

Вісكومфта має постійний привід від колінчастого вала. Блокування муфти відбувається зі збільшенням температури [силіконової](#) рідини, що заповнює муфту. Силіконова рідина (силоксан) – кремнієорганічний [полімер](#), що має високу [кінематичну в'язкість](#). Тоді як звичайні рідини під час нагрівання зменшують свою в'язкість, ця, навпаки, стає густішою, поки зовсім не набуває характеристики твердого тіла.

Збільшення температури є наслідком підвищення частоти обертання колінчастого вала і навантаження на двигун. [Блокування](#) муфти призводить до обертання вентилятора.



а



б

Рис. 3.8.26. Вісكومфта урухомлення вентилятора:

а – загальний вигляд; б – будова: 1 – кришка камери; 2 – пелюстковий клапан; 3 – біметалічний терморегулятор; 4 – кришка муфти; 5 – корпус муфти; 6 – привідний диск; 7 – резервна порожнина

Гідравлічна муфта на відміну від вісكومфти блокується за рахунок зміни кількості масла в муфті.

Вона встановлюється на сучасних двигунах з повітряним (Д-144) і рідинним (ЯМЗ-2405, КамАЗ-740) охолодженням. Пристрій складається з гідродинамічної муфти, встановленої між шківом урухомлення вентилятора і його валом. Керують муфтою за допомогою датчика подачі масла, який встановлюється у відповідний патрубок двигунів з рідинним охолодженням, або в головці циліндрів з повітряним охолодженням.

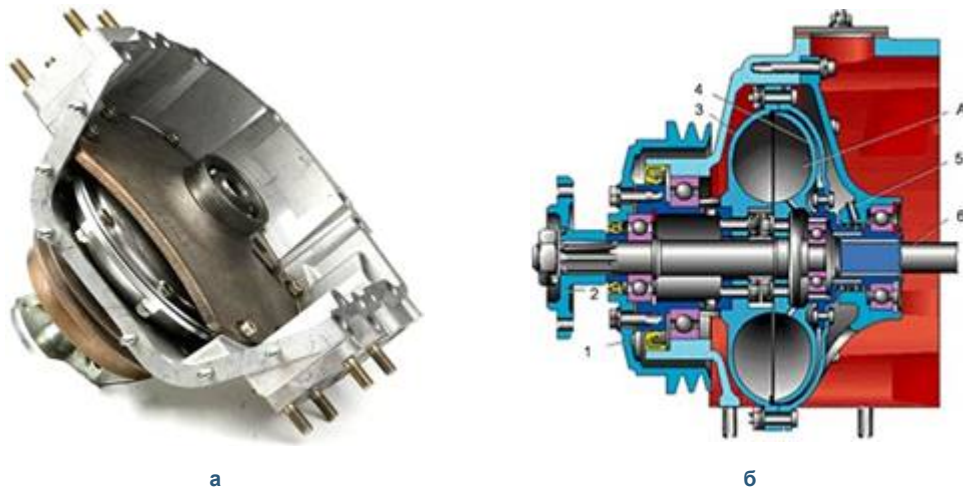


Рис. 3.8.27. Гідравлічна муфта урухомлення вентилятора двигуна КамАЗ-740:

а – загальний вигляд; б – будова: 1 – шків; 2 – маточина вентилятора; 3 – ведуче колесо гідромуфти; 4 – ведене колесо гідромуфти; 5 – трубки подачі масла в робочу порожнину; 6 – ведучий вал; А – робоча порожнина

Під час підвищення температури збільшується кількість масла, що надходить у порожнину муфти, отже, збільшується її [крутний момент](#), а за зменшення температури – навпаки, аж до повного вимкнення муфти.

Будова та робота гідромуфти

Електромагнітна муфта працює таким чином: на шківі урухомлення водяного насоса встановлений [електромагніт](#). Живлення в обмотку електромагніта подається через щітку і контактне кільце. Щітка встановлена в щіткотримачі і за допомогою пружини притискається до контактного кільця. За відсутності струму в обмотці електромагніта стальне кільце не торкається електромагніта, і крутний момент не передається вентилятору. Вентилятор вільно обертається на підшипниках вала водяного насоса.

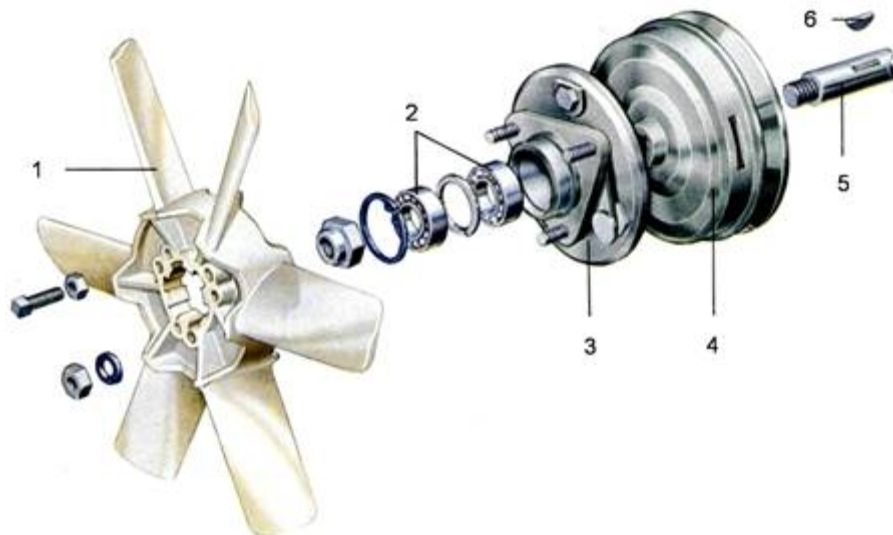


Рис. 3.8.28. Привід вентилятора електромагнітною муфтою:

1 – вентилятор; 2 – підшипники; 3 – стальне кільце; 4 – електромагнітний шків вентилятора; 5 – привідний вал; 6 – шпонка

Підвищення температури води в радіаторі до 90 – 97°C викликає увімкнення датчика; при цьому через обмотку електромагніта починає проходити струм; навколо обмотки виникає магнітне поле, яке притягує стальне кільце до електромагніту, і вони починають обертатися разом. Крутний момент від електромагніта через стальне кільце і три плоскі пружини передається ступиці і вентилятору.

За зниження температури води до 78 – 85°C датчик розриває ланцюг, і електромагнітна муфта вимикає вентилятор.

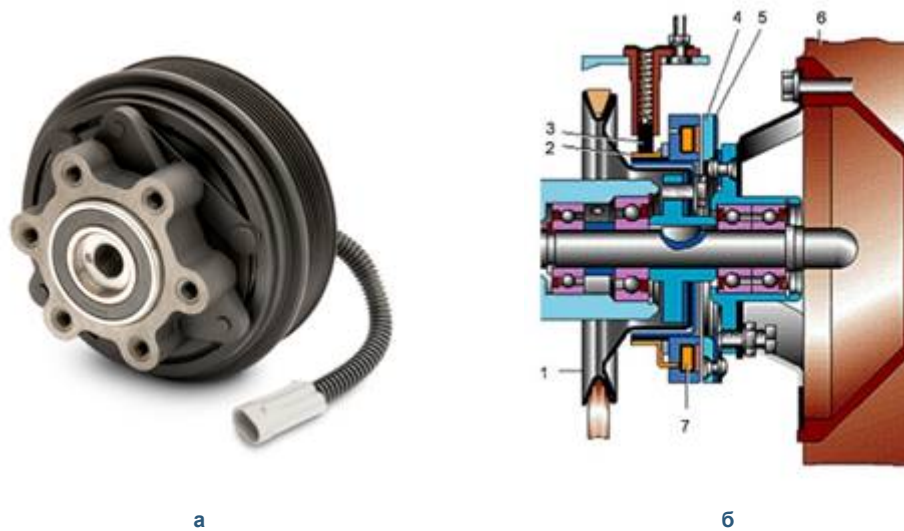


Рис. 3.8.29. Електромагнітна муфта урухомлення вентилятора:

а – загальний вигляд; б – будова: 1 – шків; 2 – контактне кільце; 3 – вугільна щітка; 4 – стальне кільце; 5 – плоска пружина; 6 – вентилятор; 7 – електромагніт

Найпоширенішим є електричний привід вентилятора радіатора. Привід включає електродвигун і систему управління. Електродвигун живиться від бортової мережі. Система управління забезпечує роботу вентилятора залежно від температури двигуна.

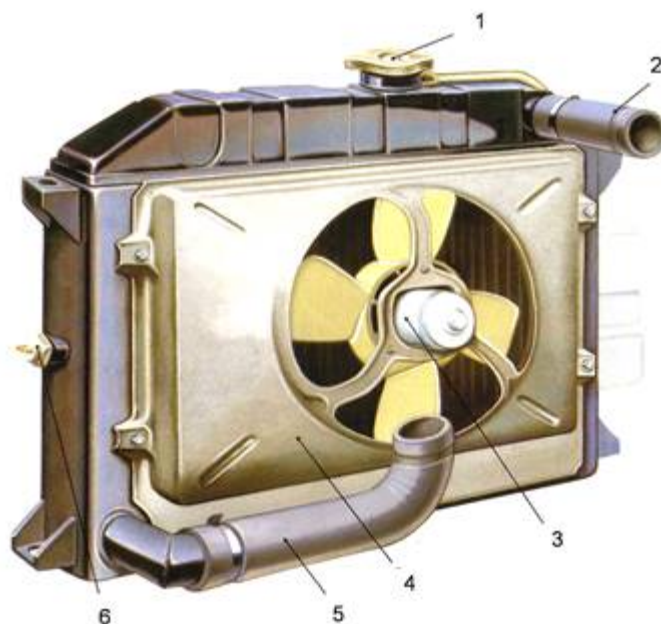


Рис. 3.8.30. Електричний привід вентилятора:

1 – пробка радіатора; 2 – верхній патрубок; 3 – електричний вентилятор; 4 – дифузор; 5 – нижній патрубок; 6 – датчик

Типова схема управління вентилятором з електричним приводом включає датчик температури охолоджувальної рідини; електронний блок керування двигуном; реле ввімкнення вентилятора і електродвигун в якості виконавчого пристрою.

Датчик фіксує температуру охолоджувальної рідини в двигуні. На сучасних автомобілях можуть встановлювати два датчики: один на виході з двигуна, другий – на виході з радіатора. Управління вентилятором у цьому випадку проводять на підставі оцінювання різниці показань датчиків.

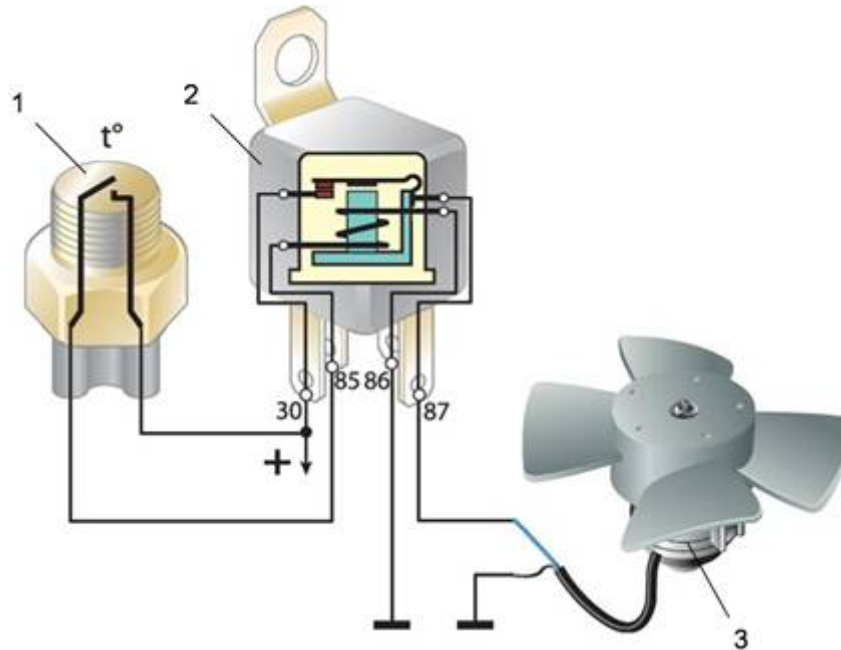


Рис. 3.8.31. Схема управління вентилятором з електричним приводом:

1 – датчик температури охолоджувальної рідини; 2 – реле ввімкнення вентилятора; 3 – електродвигун вентилятора

На автомобілях, обладнаних кліматичною установкою або тягово-зчіпним пристроєм, встановлюють, як правило, два вентилятори, кожного з яких обслуговує власне реле ввімкнення. Залежно від температури вентилятори можуть працювати як роздільно, так і разом.



Рис. 3.8.32. Установка на радіаторі двох вентиляторів з електроприводом

На деяких автомобілях реалізована функція керованого вибігу вентилятора – автоматичне ввімкнення вентилятора після зупинки двигуна. Вибіг вентилятора здійснюється для кращого охолодження двигуна залежно від режиму його роботи перед зупинкою.

3.8.3.2. Радіатори

Радіатор — охолодник нагрітої рідини — складається з верхнього і нижнього бачків, серцевини, деталей кріплення (можливе бічне розташування бачків, як у ЗМЗ-4025 «Газель»).

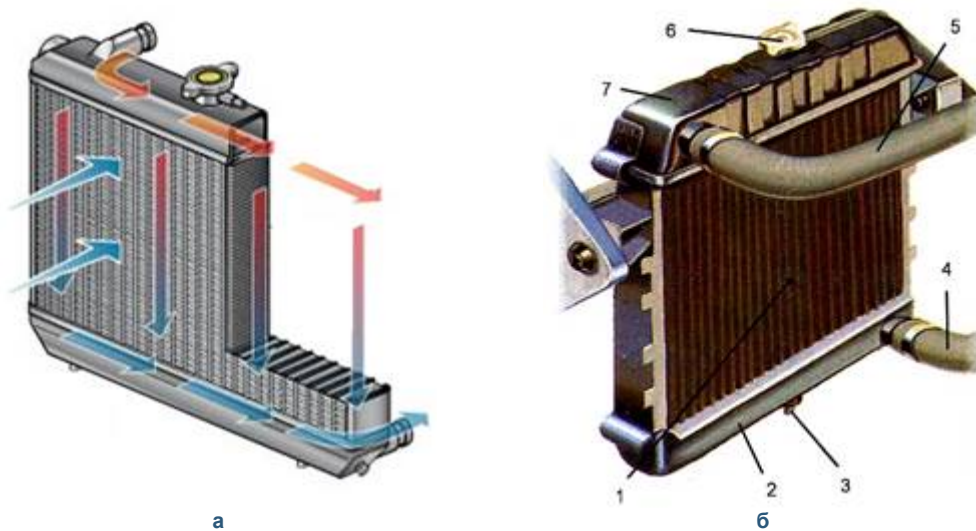


Рис. 3.8.33. Радіатор:

а – циркуляція охолоджувальної рідини; б – будова: 1 – серцевина; 2 – нижній бачок; 3 – зливний кран; 4 – нижній патрубок; 5 – верхній патрубок; 6 – пробка радіатора; 7 – верхній бачок



Рис. 3.8.34. Радіатор з бічним розташуванням бачків

Серцевина радіатора може бути трубчасто-пластинчастою, трубчасто-стрічковою, стільниковою (переважно застосовують трубчасті).

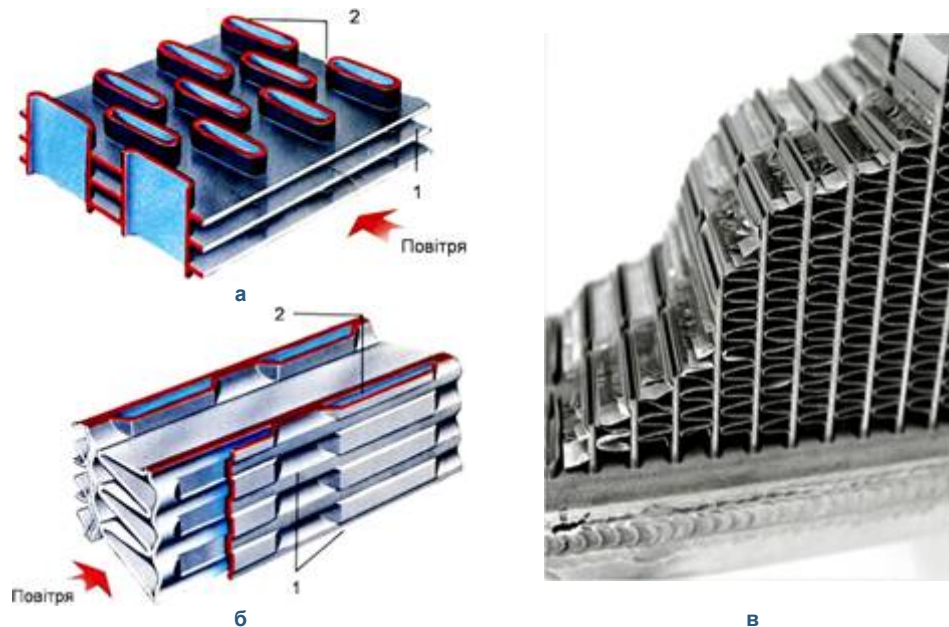


Рис. 3.8.35. Серцевина радіатора:

а – трубчасто-пластинчаста; б – трубчасто-стрічкова; в – загальний вигляд; 1 – трубки; 2 – пластини; 3 – секція; 4 – повітряний канал

Будова та робота радіатора

Розширювальний бачок є [резервуаром](#) для охолодної рідини. Під час її розширення внаслідок підвищення температури він дає змогу контролювати рівень заповнення системи і сприяє видаленню з неї повітря. Виготовляється з латуні або пластмаси.

У кришці розширювального бачка (в конструкціях, де він відсутній – у кришці радіатора) знаходиться блок клапанів, який підтримує в системі тиск дещо вищий від атмосферного. Таким чином, підвищується температура кипіння охолодної рідини, знижується пароутворення (і витрата рідини).



Рис. 3.8.36. Пробка радіатора:

а – загальний вигляд; б – будова; 1 – кришка пробки; 2 – впускний повітряний отвір; 3 – паровий клапан; 4 – повітряний клапан; 5 – гумова прокладка

Якщо тиск у системі на 0,05 – 0,07 МПа вищий за атмосферний (внаслідок пароутворення), паровий клапан, долаючи опір пружини, зміщується по штоку вгору. Пара з верхнього бака проходить крізь щілину, що утворилася, і трубою виводиться в атмосферу.

У випадках створення розрідження в системі охолодження (за охолодження гарячого двигуна, витікання рідини тощо) до 0,001 – 0,01 МПа через повітряний клапан підсмоктується повітря, що запобігає деформації латунних трубок осердя радіатора.



Рис. 3.8.37. Робота пробки радіатора:

а – паровий клапан; б – повітряний клапан

Пароповітряний клапан може бути змонтований також в окремому корпусі.

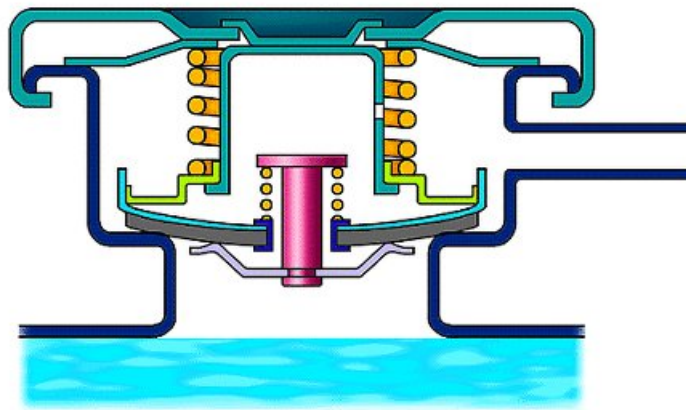


Рис. 3.8.38. Робота пробки радіатора

Будова та робота пароповітряного клапана

3.8.3.3. Пристрої для регулювання теплового режиму двигуна

Термостат підтримує сталу температуру охолодної рідини в системі шляхом увімкнення або відімкнення радіатора. Застосовують термостати з рідинним і твердим наповнювачами.

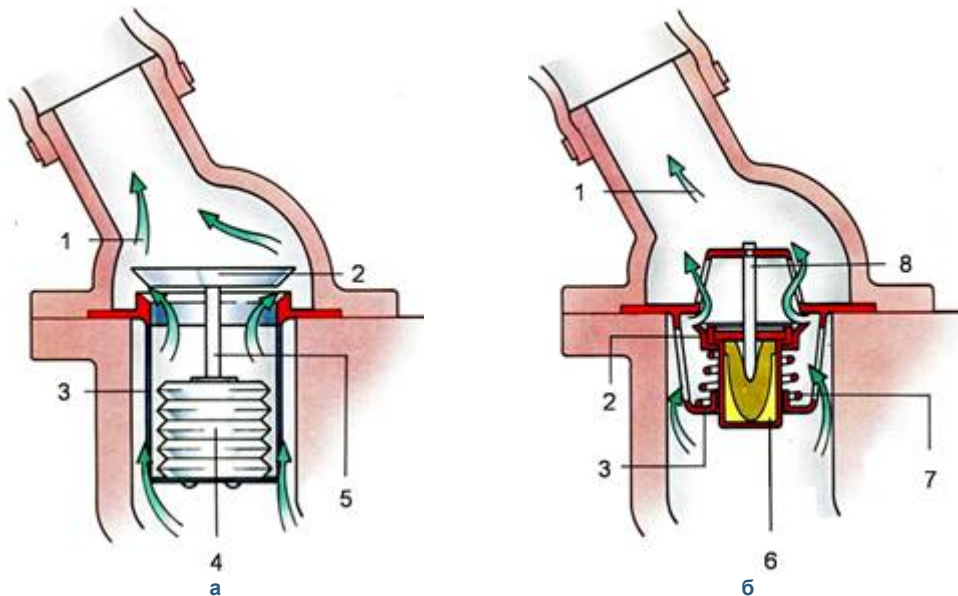


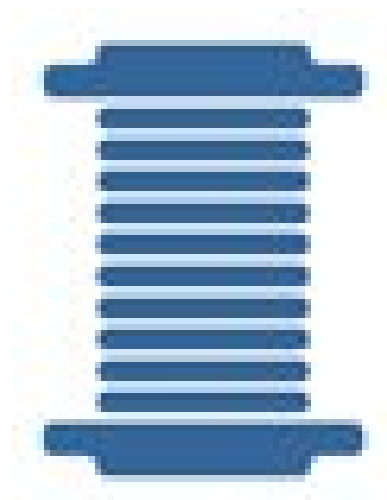
Рис. 3.8.39. Термостат:

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

Рідинний двоклапанний термостат складається з гофрованого циліндра ([сильфон](#)), корпусу, головного та допоміжного клапанів, штока. Циліндр виготовлений з [латуні](#) й заповнений рідиною, яка легко випаровується (суміш з 2/3 [дистильованої води](#) і 1/3 [етилового спирту](#)).



а



б

Рис. 3.8.40. Гофрований циліндр (сильфон):

а – загальний вигляд; б – робота

Якщо температура охолоджувальної рідини нижча за 65 – 75°C, то гофрований циліндр стулений, головний клапан перекриває доступ рідині в радіатор, а через вікна допоміжного клапана і корпусу її перепускають до насоса. Оскільки рідина, яка нагрівається в сорочці охолодження, до радіатора не спрямована (циркулює малим колом), вона інтенсивно нагрівається. У разі нагрівання охолоджувальної рідини до температури понад 70°C наповнювач гофрованого циліндра починає інтенсивно випаровуватись. Під впливом внутрішнього тиску циліндр розтягується, відкриваючи головний клапан. Одночасно закривається допоміжний клапан. Таке положення клапанів забезпечує (спочатку тільки частково) циркулювання рідини через радіатор. За температури рідини в системі охолодження понад 80°C головний клапан повністю відкритий, а допоміжний закритий. Вся рідина циркулює великим колом і охолоджується в радіаторі. У такому стані система охолодження максимально забезпечує відведення теплоти від двигуна.

За зниження температури охолоджувальної рідини в циліндрі конденсується пара наповнювача, тиск знижується і головний клапан перекриває доступ рідини в радіатор, а допоміжний, відкриваючись, збільшує потік рідини в малому колі циркуляції.

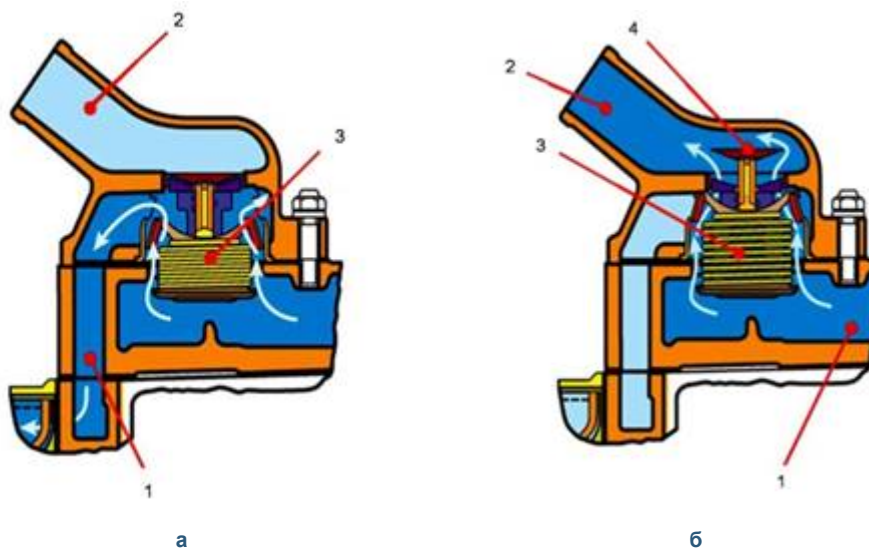


Рис. 3.8.41. Рідинний термостат:

а – мале коло циркуляції; б – велике коло циркуляції; 1 – сорочка охолодження двигуна; 2 – патрубок до радіатора; 3 – гофрований циліндр (сильфон); 4 – головний клапан

Термостат із твердим наповнювачем складається з латунного корпусу 3, в корпусі розміщені основний 2 та перепускний 6 клапани, балон, всередині якого знаходиться поршень 1 та гумова вставка 5 з ковпачком. Простір між вставкою і балоном заповнений термочутливим елементом 4 (суміш [церезину](#) з [алюмінієвим](#) порошком – плавиться за температури 70°C, значно збільшуючись в об'ємі, має великий коефіцієнт об'ємного розширення). Поршень кріпиться гайкою до тримача, а з балоном він з'єднаний гумовою вставкою 5. Основний клапан пружиною 8 притиснений до корпусу й балона, перепускний клапан – пружиною 7 до гайки.

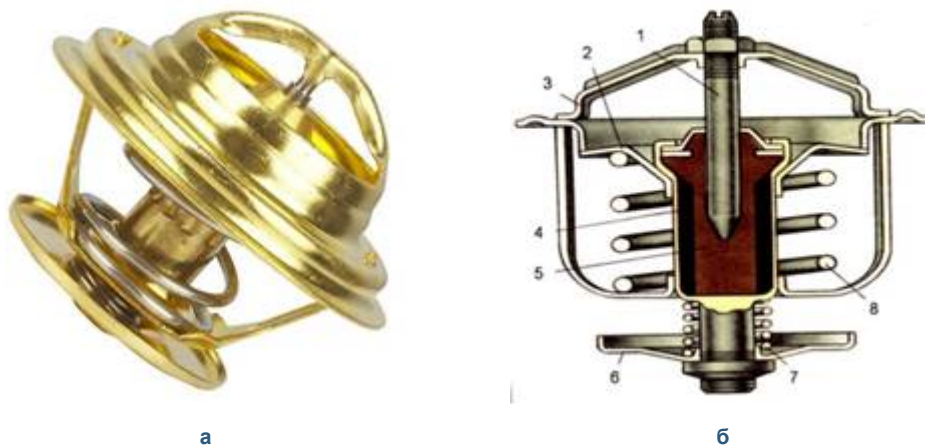


Рис. 3.8.42. Термостат з твердим наповнювачем

а – загальний вигляд; б – будова; 1 – поршень; 2 – основний клапан; 3 – корпус; 4 – тверда термочутлива речовина; 5 – гумова вставка; 6 – перепускний клапан; 7 – пружина перепускного клапана; 8 – пружина основного клапана

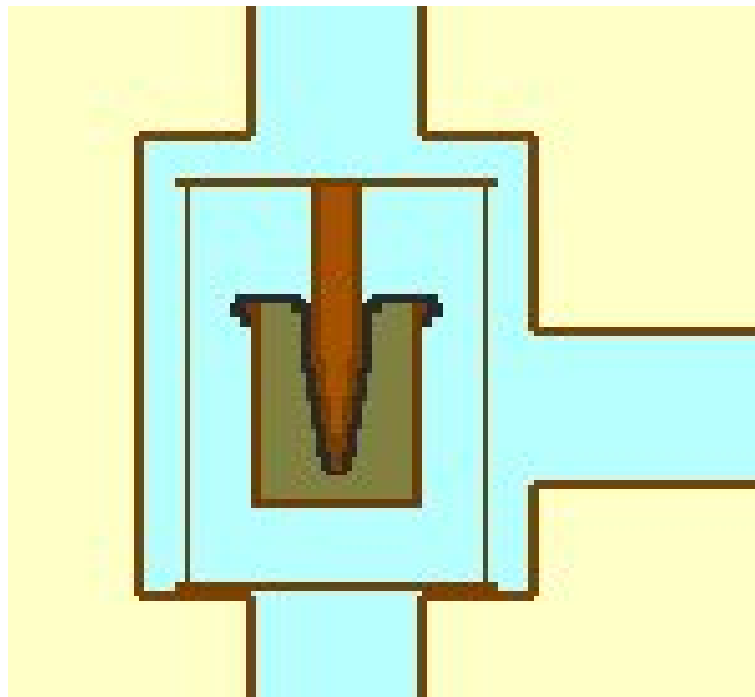


Рис. 3.8.43. Робота термостата з твердим наповнювачем

Якщо температура охолоджувальної рідини не перевищує 80°C , основний клапан закритий, а перепускний – відкритий (рідина циркулює малим колом). З підвищенням температури рідини термочутливий елемент розширюється і тисне на гумову вставку, яка, стискуючись, виштовхує поршень. Водночас вставка тисне і на днище балона. Коли тиск на поршень і днище балона перевищить опір пружини, балон з основним і перепускним клапанами зміститься відносно поршня вниз і забезпечить тим самим циркуляцію рідини великим колом. Якщо температура охолоджувальної рідини становить $85 - 95^{\circ}\text{C}$, основний клапан повністю відкритий, а перепускний – повністю закритий.

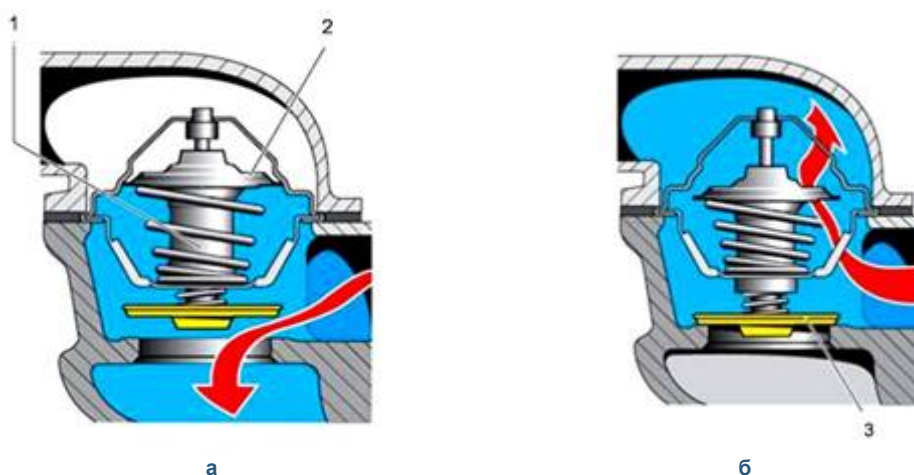


Рис. 3.8.44. Циркуляція рідини через термостат з твердим наповнювачем:

а – мале коло циркуляції; б – велике коло циркуляції; 1 – балон; 2 – основний клапан; 3 – перепускний клапан

Термостати з твердим наповнювачем простіші, дешевші, надійніші в роботі і менш чутливі до зміни тиску в системі охолодження. Демонтаж термостата істотно знижує ефективність системи охолодження. За його відсутності охолоджувальна рідина циркулюватиме як малим колом (у сорочці охолодження), так і великим (з підключенням радіатора). Оскільки опір малого кола менший, ніж великого, більша частина охолоджувальної рідини рухатиметься малим колом, обминаючи радіатор. Тому в теплий період року відсутність термостата призводитиме до перегрівання двигуна, а в холодний двигун довго прогріватиметься і працюватиме з низькою температурою охолоджувальної рідини. Наслідок – прискорене зношення двигуна, збільшення витрати палива та ін.

Будова та робота термостата

Для регулювання інтенсивності обдування трубок радіатора повітрям застосовують шторки або жалюзі – пристрої для ручного регулювання теплового режиму двигуна.

Тепловий режим двигуна вручну регулюють підйомом або опусканням шторки, відкриванням чи закриванням жалюзі радіатора.

Шторка – це брезентове полотно, один кінець якого закріплено на барабані, а інший – до нижньої частини радіатора. Під час витягування троса з кабіни вона разом із стержнем, на якому намотана, піднімається вгору і закриває сердцевину радіатора, обмежуючи цим потік повітря.

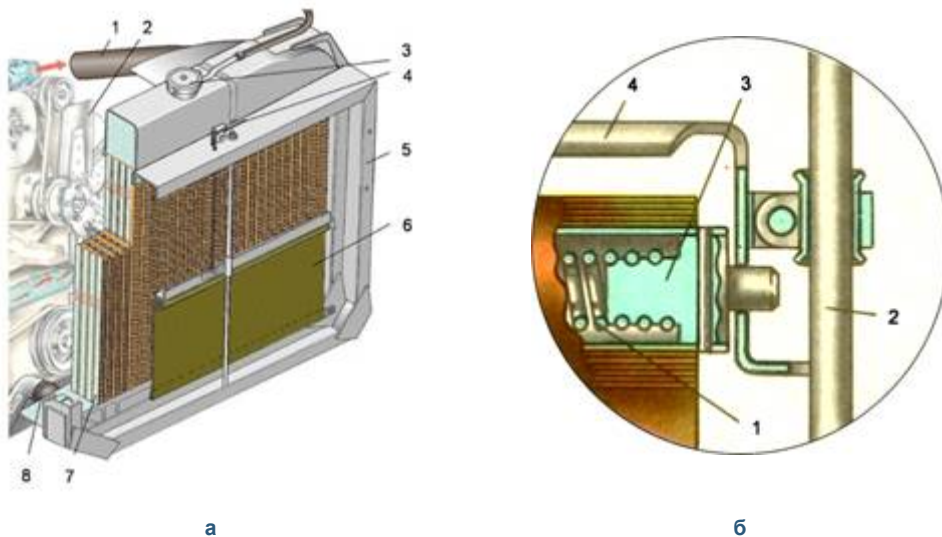


Рис. 3.8.45. Шторка радіатора:

а – двигун ЯМЗ-238: 1 – верхній патрубок; 2 – вентилятор; 3 – пробка радіатора; 4 – трос; 5 – рамка радіатора; 6 – шторка; 7 – радіатор; 8 – нижній патрубок; б – двигун СМД-60: 1 – пружина для скручування шторки; 2 – направляючий стержень шторки; 3 – вісь валика з закріпленим кінцем пружини; 4 – рамка шторки

Жалюзі – це набір штампованих із листової сталі пластин, які шарнірно закріплені в каркасі і через з'єднувальну планку можуть повертатись під час переміщення рукоятки керування, яка має кілька фіксованих положень.

Пластини жалюзі можуть розміщуватись як вертикально, так і горизонтально.

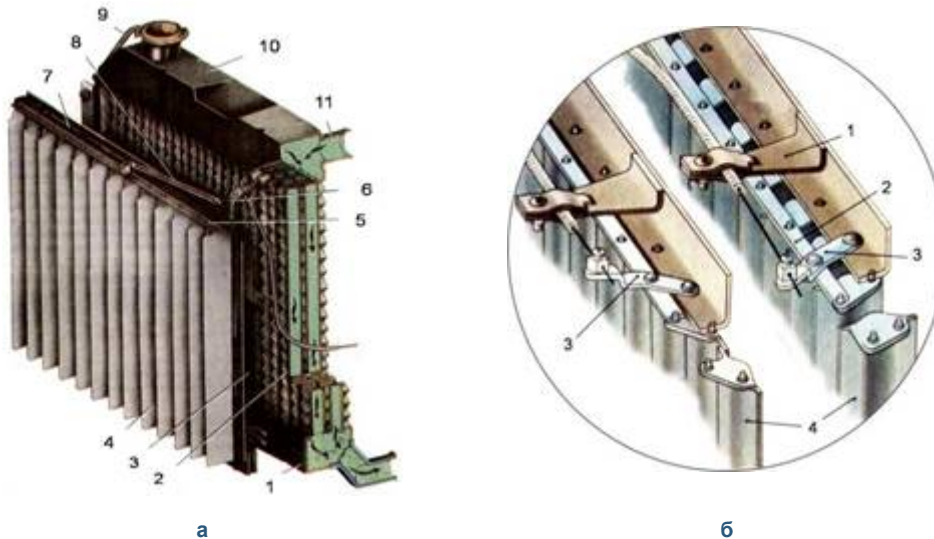


Рис. 3.8.46. Жалюзі радіатора:

а – автомобіль «Москвич-412»: 1 – нижній бачок радіатора; 2 – серцевина радіатора; 3 – рамка жалюзі; 4 – пластина жалюзі; 5 – планка шарнірного з'єднання; 6 – важіль урухомлення планки; 7 – вісь обертання планки; 8 – тяга, яка повертає пластини жалюзі; 9 – паровідвідна трубка; 10 – верхній бачок радіатора; 11 – патрубок верхнього бачка; б – автомобіль ГАЗ-3307: 1 – кронштейн оболонки тяги керування пластинами; 2 – тяга урухомлення пластин жалюзі; 3 – важіль урухомлення пластин жалюзі; 4 – пластина жалюзі

До радіатора з боку вентилятора встановлюють кожух вентилятора, який направляє потік повітря до двигуна.

3.8.4. Охолоджувальні рідини

Вимоги до охолоджувальних рідин. Надійність роботи рідинної системи охолодження залежить від властивостей охолоджувальної рідини, яка повинна бути достатньо теплоємкою, з високою температурою [кипіння](#) і низькою температурою [замерзання](#), не мати схильності до утворення накипу, не викликати [корозії](#) металевих деталей і не пошкоджувати гумових і пластикових матеріалів, бути безпечною для людини в процесі експлуатації, а також пожежобезпечною, дешевою і поширеною.



Рис. 3.8.47. Охолоджувальні рідини

Охолоджувальні рідини, їх характеристика. Найпоширеніша охолоджувальна рідина двигунів внутрішнього згоряння в умовах сільського господарства – це вода. Основні її недоліки: висока температура замерзання (0°C) і наявність солей, які у вигляді накипу відкладаються на поверхнях сорочки охолодження і деталях системи.



Рис. 3.8.48. Вода

Вода має найбільшу охолоджувальну здатність, має максимальну теплоємність, пожежобезпечна, нетоксична і дешева. Але вода має порівняно низьку температуру кипіння і відносно швидко випаровується, а якщо при цьому вона жорстка (містить мінеральні домішки і розчинені солі), то активно утворюється накип. За температури нижче 0°C вода замерзає і перетворюється на лід (кристалізується) зі значним, до 10% збільшенням об'єму, а утворений при цьому лід тисне на стінки системи з силою до 250 МПа. Це призводить до «розморожування» двигуна – руйнування його основних деталей і вузлів.



Рис. 3.8.49. Тріщина на блоці двигуна – результат «розморожування»

Тому зимою багато часу витрачається на щоденне заливання води в систему і пуск дизеля або додаткові витрати енергії для підігрівання води перед заливанням у систему. Під час зупинок тракторів упродовж робочого дня взимку, щоб не замерзала вода, двигун не зупиняють, що призводить до перевитрати палива і підвищеного спрацювання деталей.

Під час нагрівання води солі [кальцію](#) і [магнію](#) утворюють накип, який зменшує отвори каналів і порушує циркуляцію. Теплопровідність накипу в 10 – 15 раз нижча, ніж у металів. Що більший, щільніший і твердіший шар накипу, то швидше перегрівається двигун і зростають витрати палива. Тому в системі охолодження повинна бути лише «м'яка» вода – дощова або снігова.



Рис. 3.8.50. Відкладання накипу:

а – в радіаторі; б – на клапані-термостаті; в – на пароповітряному клапані пробки радіатора; г – на гільзі

В умовах експлуатації також використовують річкову й озерну воду, яка достатньо м'яка, а кринична, джерельна і морська вода – жорсткі. Дощова, снігова, річкова і озерна вода може використовуватись у системі без попереднього обробітку, кринична, джерельна і морська – після попереднього зм'якшення. Найпростіший спосіб визначення жорсткості води – миття в ній рук господарським милом. Якщо мило добре піниться і змивається з рук, то вода м'яка, а якщо навпаки – вона жорстка.

У холодний період року в системах охолодження застосовують спеціальні рідини – [антифризи](#) (від англ. «antifreeze» – незамерзаючий).

Антифриз – це суміш [етиленгліколю](#) і дистильованої води.

Етиленгліколь (моноетиленгліколь) – масляниста жовтувата рідина без запаху, помірно в'язка, з щільністю 1,112 – 1,113 г/см³ (за 20°C), температурою кипіння 197°C і кристалізації – 11,5°C. Під час нагрівання етиленгліколь та його водні розчини сильно розширюються. Для запобігання викиду рідини з системи охолодження її обладнують розширювальним бачком і заповнюють на 92 – 94 % від загального об'єму.

Водний розчин етиленгліколю хімічно агресивний і викликає корозію сталей, чавунних, алюмінієвих, [мідних](#) і латунних деталей системи охолодження, а також припоїв, використовуваних для пайки її вузлів. Крім того, етиленгліколь дуже [токсичний](#) і може проникати в організм навіть через шкіру. Він солодкуватий на смак, і його треба тримати в місці, недоступному для дітей. Розлитий етиленгліколь є небезпечним для тварин. Під час прийому всередину смертельна доза для людини може становити всього 35 см³.



Рис. 3.8.51. Етиленгліколь – яд

Пропіленгліколь – за властивостями аналогічний етиленгліколю і менш токсичний, але приблизно в 10 разів дорожчий. За низьких температур він більш в'язкий, ніж етиленгліколь, і в зв'язку з цим проходження системою охолодження у нього гірше.

Суміш етиленгліколю з водою характерна тим, що температура її кристалізації залежить від співвідношення цих двох складових. У суміші вона значно нижче, ніж окремо у води і етиленгліколю. За різних пропорцій можна отримати розчини з температурою кристалізації від 0 до – 75°C.

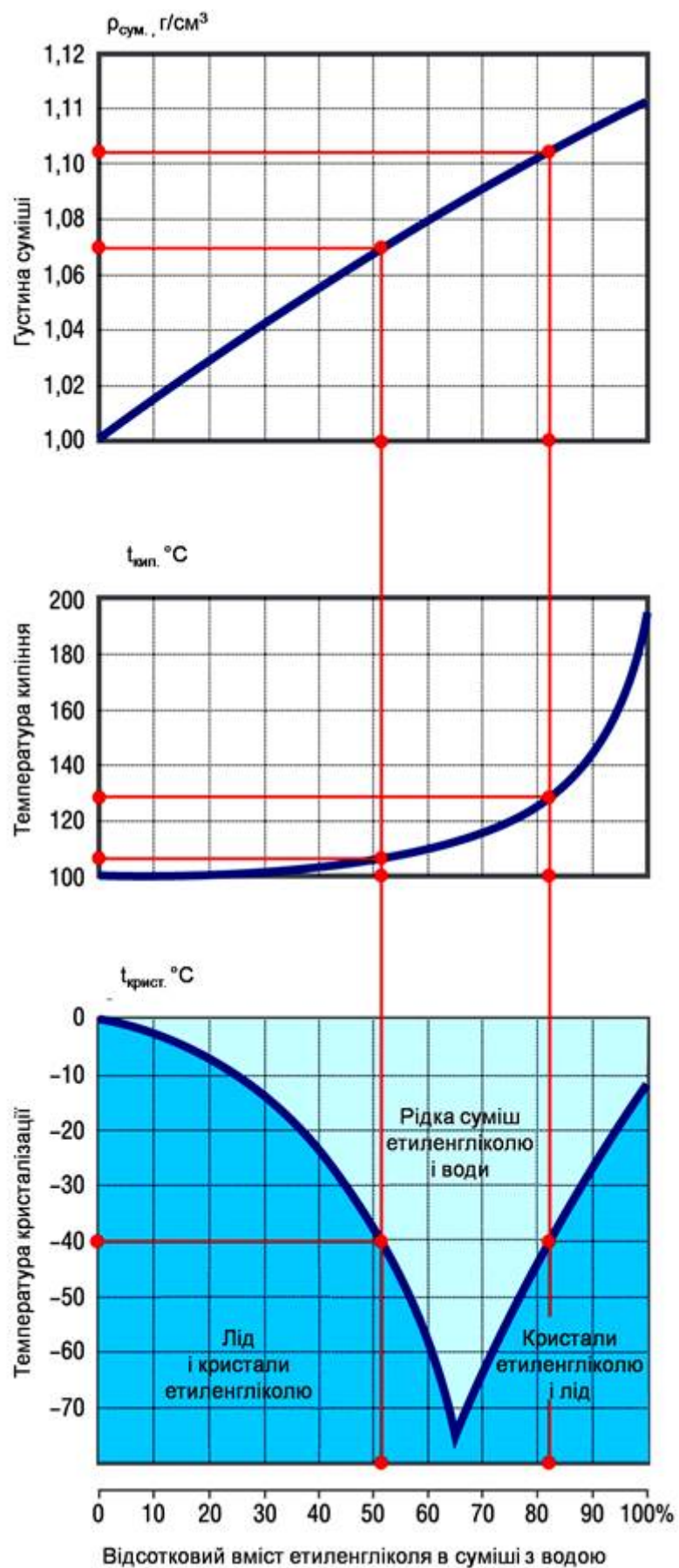


Рис. 3.8.52. Температура кристалізації і кипіння, а також густина суміші етиленгліколю і води залежно від вмісту в ній етиленгліколю

Ідеальна пропорція 1:1 забезпечує захист від замерзання до -36°C .

Найнижче значення температури замерзання (-52°C) відповідає складу, в якому етиленгліколю 66,7% і води 33,3% (пропорція 2:1). В інших випадках одну і ту ж температуру замерзання можна отримати при двох значеннях співвідношень етиленгліколю і води. Економічно вигідно використовувати варіант з великою кількістю води.

Увага: Ніколи не застосовуйте не розбавлений концентрат антифризу!

Він кристалізується приблизно за температури -16°C та погано відводить тепло. Вода має в 4 рази більшу теплоємність, ніж етиленгліколь. Тому чистий антифриз зменшує продуктивність охолодження, у порівнянні з сумішшю 1:1, деє на 50%. (Зрозуміло, що й експлуатацію системи на чистій воді заборонено).

Водночас етиленгліколь, знижуючи температуру замерзання, сприяє підвищенню температури кипіння, що захищає двигун від перегрівання влітку. Суміш (вода+антифриз) 1:1 має точку кипіння приблизно на рівні 107°C , що дає системі охолодження більший запас продуктивності в ширшому температурному діапазоні.

Визначення співвідношення етиленгліколю і води в антифризі здійснюють за щільністю, виміряною за допомогою ареометра або гідрометрії. На спеціальних приладах для зручності замість шкали щільності застосовують подвійну шкалу, яка одночасно показує вміст етиленгліколю у відсотках і температуру кристалізації. Під час перевірки потрібно враховувати температурні поправки до показань приладу, зазначені в інструкції до нього.

Промисловість виготовляє дві марки антифризів – 40 і 65 з температурою замерзання відповідно -40°C і -65°C . Під час замерзання антифризів утворюється сипка маса, об'єм якої збільшується лише на 0,2 – 0,3 %, тому система не розморожується.

Антифриз-40 – світло-жовта, трохи каламутна масляниста рідина, що є сумішшю із 53 % етиленгліколю і 47 % дистильованої води.



Рис. 3.8.53. Антифриз-40

Антифриз-65 має жовтогогарячий колір і складається з 66 % етиленгліколю і 34 % дистильованої води.



Рис. 3.8.54. Антифриз-65

В антифризи додають антикорозійну присадку, у складі якої фосфорнокислий натрій Na_2HPO_4 і 1 г/л декстрину. Фосфорнокислий натрій захищає від корозії чавунні, сталеві й мідні деталі, а декстрин – припої й деталі з алюмінію і міді.

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

Основним недоліком антифризів є токсичність. Попадання антифризу в організм людини викликає важкі отруєння. Тому під час роботи з ними необхідно дотримуватись основних заходів безпеки: не можна всмоктувати рідину ротом; заливаючи в систему, не розливати її і не розбризкувати; працювати бажано в гумових рукавичках та спеціальному одязі; після роботи вимити руки з милом.

Певні марки антифризів, готових до використання, і концентратів, що вимагають розведення дистильованою водою перед застосуванням, виробляють за технічними умовами, де обумовлюють склад і наявність присадок, змішуваних рідин і їх колір. Виробники привласнюють їм різні назви, наприклад «Тосол», «Лена», «Лада» «Антифриз G-48» та (або) вказують температуру кристалізації: ОЖ-40, ОЖ-65, А-40.

«ТОСОЛ» – одна з назв антифризу, утворена з двох частин:

«ТОС» – «Технологія органічного синтезу» (найменування відділу НДІ органічної хімії і технології, який створив антифриз);

«ОЛ» – закінчення, характерне для спиртів (етанол, бутінол, метанол, етиленгліколь – це двоатомний спирт).

Цей антифриз був розроблений в 1971 році для автомобілів ВАЗ замість італійського PARAFU.



Рис. 3.8.55. Антифриз PARAFU (Італія)

Торгова марка «ТОСОЛ» не була зареєстрована, тому її застосовують багато вітчизняних виробники охолоджувальних рідин. Але експлуатаційні властивості «тосолів» можуть бути різними, оскільки визначаються використовуваними присадками, а вони відрізняються у різних виробників.



Рис. 3.8.56. Охолоджувальні рідини «ТОСОЛ»

Для всесезонної експлуатації тракторів і автомобілів випускають рідини Тосол-А40 і Тосол-А65 зелено-голубого кольору, які за температур відповідно – 40°C і – 65°C перетворюються у кисілеподібну масу. Тосол виготовляють на основі етиленгліколю з додавкою 2,5 – 3,0 % складної композиції протикорозійних і антипінних присадок.

Сумісність охолоджувальних рідин визначається технічними умовами. Виготовлені з різних технічних умов рідини часто несумісні, тому що присадки, які містяться в них, можуть вступити в реакцію один з одним і втратити свої корисні властивості. Тому за необхідності, щоб відновити рівень охолоджувальної рідини, краще доливати дистильовану воду.

Вимоги до антифризу зарубіжного виробництва, як правило, визначаються стандартами ASTM (Американська асоціація з випробування матеріалів) і SAE (Товариство автомобільних інженерів США). Ці стандарти регламентують властивості концентратів і антифризів виходячи з їх основи (етиленгліколю або пропіленгліколю) і умов експлуатації.

Температура замерзання антифризів у процесі експлуатації автомобіля, як правило, не змінюється. Зниження рівня рідини може відбутися внаслідок часткового википання з антифризу води або порушення герметичності системи охолодження. Схильність охолоджувальної рідини до замерзання можна визначити за допомогою [ареометра](#). Краще, якщо цей прилад проградуйований в градусах Цельсія. Густина стандартної охолоджувальної рідини з температурою замерзання – 40 °C становить 1,100 – 1,1150 г / см³.



а



б

Рис. 3.8.57. Визначення температури замерзання охолоджувальної рідини:

а – ареометром; б – тестером HELLA (Німеччина).

Характеристика охолоджувальних рідин

3.8.5. Перспективи вдосконалення систем охолодження

3.8.5.1. Сучасні вимоги до систем охолодження

Однією з головних умов, які забезпечують надійну роботу двигуна з оптимальними показниками, є підтримка його заданого теплового стану. Тепловий стан (або температурний режим) характеризується робочою температурою основних деталей двигуна – поршня, стінки і головки циліндра та інших, яка є функцією теплового навантаження на ці деталі та їх теплообмінних властивостей. У процесі роботи двигуна необхідно підтримувати такий тепловий стан його деталей, який відповідає найбільш придатному поєднанню якості протікання робочого процесу з точки зору паливної економічності та викидів шкідливих речовин та необхідної надійності і ресурсу двигуна.

До недавнього часу система рідинного охолодження залишалася однією з небагатьох систем двигуна, в якій не використовувалися можливості електронного керування, яке дозволяє підтримувати оптимальний тепловий стан двигуна на різних режимах його роботи.



Рис. 3.8.58. Система охолодження двигуна

Сьогодні актуальність роботи обумовлена підвищенням вимог до регулювання теплового стану двигунів, які принципово неможливо виконати за допомогою традиційного термомеханічного термостата, а також розширенням його функцій і широким поширенням мікропроцесорних систем для комплексного управління двигунами.

Все це вказує на необхідність застосування на двигуні такої системи охолодження, яка при заданих умовах експлуатації забезпечувала б підтримання його теплового стану в заданих межах. Водночас експлуатація такої системи не повинна відволікати оператора від виконання основного завдання, тобто система охолодження повинна бути повністю автоматично регульованою. У результаті застосування автоматичного терморегулювання досягається оптимізація температурного режиму двигуна, зменшується питома витрата палива, знижується рівень шуму. Система терморегулювання в 1,5 – 2 рази прискорює час прогріву двигуна до потрібної температури, особливо під час експлуатації в зимовий час. Відповідно, в 1,5 – 2 рази зменшується і витрата палива на прогрів.

Регулювання температурного стану двигуна здійснюється в основному зміною кількості повітря, що проходить через радіатор, і кількості циркулюючої через нього охолоджувальної рідини, а також одночасно двома способами.

Для регулювання кількості охолоджувальної рідини, що проходить через водяний радіатор залежно від теплового стану двигуна і температури навколишнього повітря, застосовується клапан-термостат, який керує потоком охолоджувальної рідини для охолодження і рециркуляції (перепуску). Застосування клапана-термостата покращує тепловий стан двигуна і значно скорочує час його прогріву під час запуску, особливо в зимовий час. Однак, як показала практика експлуатації двигунів, оснащених термостатом, в умовах роботи за низьких температур і незначних навантажень (транспортні роботи) зниження циркуляції рідини через водяний радіатор може призвести до його розморожування і виходу з ладу, тобто регулювання кількості рідини, що проходить через радіатор без регулювання кількості повітря, що проходить через нього, малоефективне і не забезпечує підтримання температурного режиму в оптимальних межах.

3.8.5.2. Регулювання теплового режиму зміною повітряного потоку через радіатор

Вентилятор у тракторах, оснащених двигунами великої потужності, забирає до 25 кВт (близько 10%) його потужності. Відповідно при цьому споживається більше палива. Крім того, великогабаритні вентилятори за повної частоти обертання працюють відносно шумно і всмоктують пил. Крім того, постійне обертання вентилятора з повною швидкістю необов'язково. В муфті Visco з електронним управлінням (наприклад, фірми Behr Німеччина) витрата охолоджувального повітря і тим самим частота обертання вентилятора регулюються не тільки через температуру відпрацьованого повітря радіатора, але й за допомогою декількох сенсорів. Для цього електронний контролер двигуна обробляє показання різних температурних датчиків (всмоктувальне повітря, охолоджувальної рідини, масла,

надувальне повітря) і враховує при розрахунку заданої частоти обертання вентилятора також і фактичну частоту обертання колінчастого вала двигуна і стан кондиціонера (увімкнений, вимкнений).



а



б

Рис. 3.8.59. Вісكومфтва з електронним управлінням:

а – загальний вигляд; б – установка на двигуні

Регулювання кількості повітря, що проходить через радіатор, може здійснюватися швидкісним і термостатичним методами.

За швидкісного методу управління продуктивність вентилятора регулюється залежно від швидкісного режиму двигуна. Регулювання продуктивності вентилятора в цьому випадку здійснюється шляхом зміни частоти обертання вентилятора або кута установки його лопатей.

Компанія John Deere для дотримання оптимального теплового режиму роботи двигуна почала встановлювати систему охолодження Vari-Cool з клинопасовим гідраваріатором урухомлення вентилятора на тракторах серії 8020 замість системи з вісكومфтою. Привід вентилятора вмикається під час досягнення встановленого значення температури охолоджувальної рідини.



а



б

Рис. 3.8.60. Система охолодження Vari-Cool:

а – трактора John Deere 9230; б – трактора John Deere 8030

Система складається з радіатора, водяного насоса, варіатора – гідравлічний ведучий шків і механічний ведений шків, на останньому безпосередньо розміщений вентилятор для створення потоку повітря, що проходить через радіатор.

Електронний блок управління двигуном контролює входні сигнали датчиків від трактора і автоматично змінює співвідношення діаметрів шківів для зміни швидкості обертання вентилятора.

Система охолодження Vari-Cool є невід'ємною частиною конструкції капота. Повітряні потоки, що йдуть від двигуна, проходять через спеціальні напрямні отвори, які направляють тепле повітря в протилежний від ґрунту бік для зменшення непотрібного впливу на ґрунт і рослини. Повітряні потоки також спрямовані і в протилежний бік від кабіни, що дозволяє уникнути прямої дії тепла від працюючого двигуна на скло кабіни, і тим самим запобігти зниженню ефективності системи кондиціювання повітря.



Рис. 3.8.61. Напрямок повітряних потоків у капоті трактора John Deere 8030:

1 – в двигун; 2 – з радіатора; 3 – в радіатор

Коли температура охолоджувальної рідини (її контролює термодатчик, який постійно передає сигнал на електронний блок управління двигуна трактора) в радіаторі досягає 90°C, подається сигнал на клапан, що міститься в гідравлічному варіаторі.

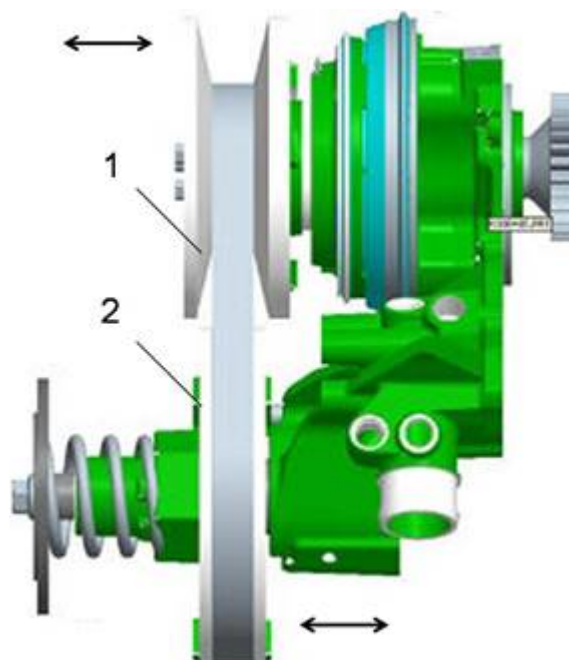


Рис. 3.8.62. Вариатор Vari-Cool:

1 – гідравлічний ведучий шків; 2 – механічний ведений шків

Клапан відкриває отвір для подачі масла під тиском на поршень, який, в свою чергу, штовхає рухому половину ведучого шківа, зменшуючи зазор між його рухомою і нерухомою половинами (поглиблення шківів мають клиноподібну форму, пас, відповідно, теж). Діаметр проходження паса ведучим шківом збільшується, і відбувається сильніший натяг паса між гідравлічним [варіатором](#) і шківом механічного варіатора. Зазор між рухомою і нерухомою половинами шківа механічного варіатора, в свою чергу, збільшується, зменшуючи діаметр проходження паса.

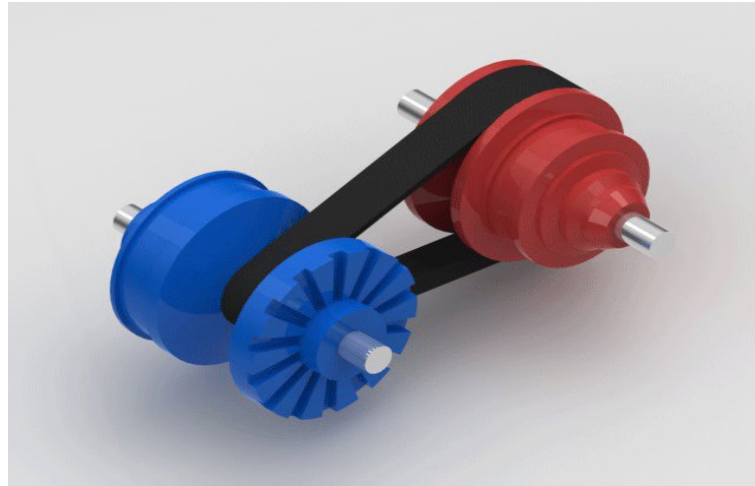


Рис. 3.8.63. Принцип дії варіатора

Рухома частина механічного варіатора тисне на пружинний механізм. Відповідно, проходження паса по більшому діаметру ведучого шківа гідравлічного варіатора і по зменшеному діаметру веденого шківа механічного варіатора збільшує оберти самого вентилятора, і таким чином збільшується потік повітря, і сприяє зниженню температури охолоджувальної рідини.

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

Зміна частоти обертання вентилятора виконується за допомогою вісكومфти, гідродинамічної муфти або гідростатичними приводами. У разі використання гідродинамічного урухомлення частота обертання вентилятора змінюється плавно, за допомогою збільшення проковзування реактивного елемента муфти щодо активного. Для тракторних дизелів, що працюють в умовах часткої зміни навантажувального режиму і відносно низьких швидкостей руху, керування вентилятором за цим способом може призвести до перегріву двигуна.

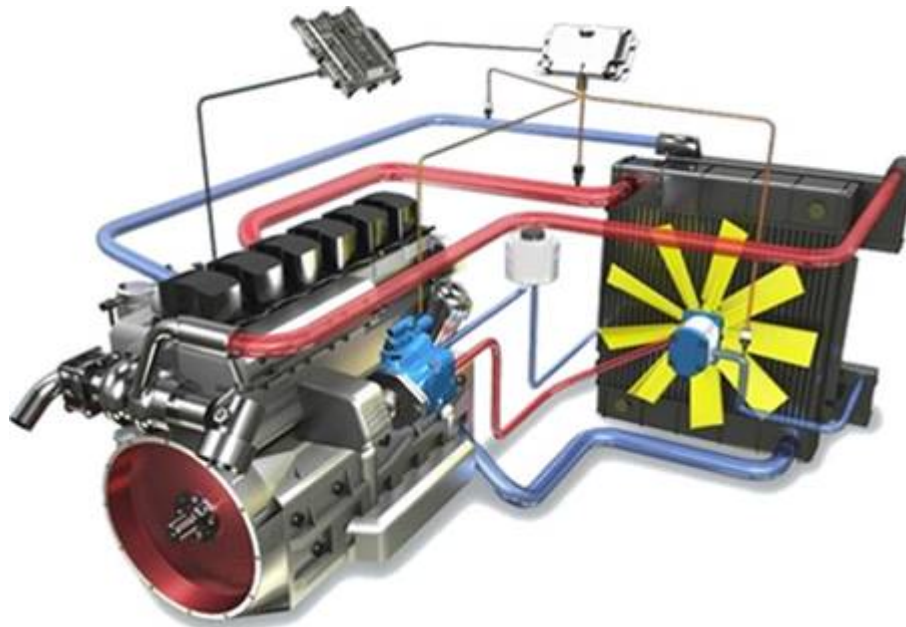
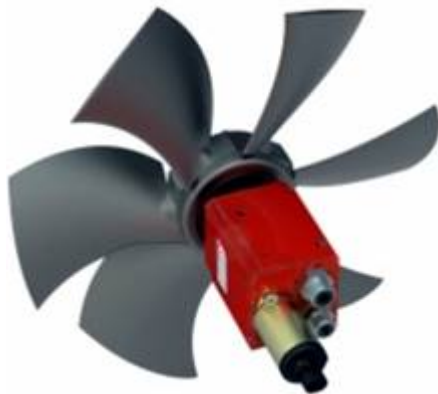


Рис. 3.8.64. Гідростатичний привід вентилятора

Порядок роботи гідростатичного урухомлення: гідронасос, отримуючи крутний момент від колінчастого вала двигуна, засмоктує масло з масляного бака і направляє його до терморегулятора. За температури води нижче 66°C все масло через терморегулятор йде на злив, минаючи гідромотор. За температури води 68°C терморегулятор починає подавати частину масла до гідромотора, на валу якого закріплено вентиляторне колесо.

За температури води 82°C терморегулятор повністю перекриває злив масла, направляючи його до гідромотора, частота обертання якого досягає максимальної величини 1100 об/хв.

Система працює за великого тиску масла 8 – 16 МПа, що вимагає створення спеціальних умов для забезпечення герметичності трубопроводів.



а



б

Рис. 3.8.65. Елементи гідростатичного урухомлення вентилятора:

а – гідромотор з вентилятором; **б** – гідромотор кормозбирального комбайна KRONE Big X

Це система урухомлення має низку переваг перед класичними системами урухомлення вентилятора:

- можливість розташування радіатора на відстані від двигуна;
- реверсування обертання вентилятора для продування радіатора від бруду;
- високий момент на крильчатці за відносно невеликих габаритів мотора;
- управління швидкістю обертання вентилятора залежно від температури масла в автоматичному режимі;
- низький рівень шуму і вібрації;
- підтримка постійної швидкості обертання вентилятора незалежно від обертів колінчастого вала двигуна.

До недоліків урухомлення слід віднести складність пристрою гідромашин, наявність великої кількості трубопроводів і необхідність використання спеціального масла (мінерального, індустріального).

Зміна кута установки лопатей вентилятора здійснюється поворотом лопатей за допомогою механізму повороту, дроселювання повітряної магістралі – за допомогою термостатичних керованих жалюзі, заслінок; перепуск нагрітого повітря – за допомогою спеціальних напрямних каналів і лопаток.

Фірма Hagele (Німеччина) пропонує вентилятор Cleanfix, в якому автоматично узгоджується кут установки лопатей з необхідною охолоджувальною здатністю двигуна. Кожна з лопатей має власну вісь обертання і термочутливий елемент, заповнений [воском](#). Зміна температури (60 – 90°C) повітряного потоку, що нагнітається крильчаткою вентилятора, призводить до повороту лопаті за допомогою силового пальця термочутливого елемента. У свою чергу, зміна кута нахилу лопаті дозволяє змінювати продуктивність вентилятора. Цей принцип роботи вентилятора дозволяє економити близько 6% палива (дослідження Університету прикладних наук Nürtingen, Німеччина).



а

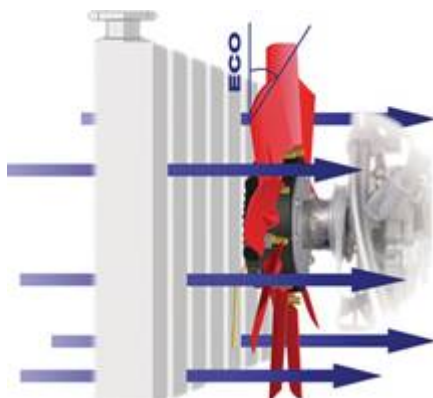


б

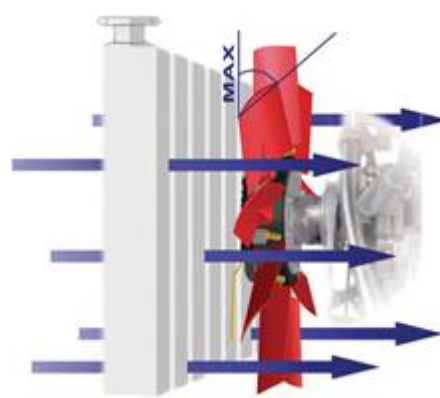
Рис. 3.8.66. Вентилятор Cleanfix:

а – загальний вигляд; б – установка на двигуні

Коли двигун холодний, кут положення лопатей вентилятора найменший, в результаті чого двигун працює в економному режимі охолодження (Eco). Коли температура починає підвищуватися, кут встановлення лопатей збільшується, створюючи вищу продуктивність повітряного потоку вентилятора. За високих температур кут збільшується до максимального (Power). Після зниження температури двигуна лопаті вентилятора повертаються до положення, яке відповідає найбільш економічному режиму роботи.



а



б

Рис. 3.8.67. Режими роботи вентилятора Cleanfix:

а – економічний режим охолодження (Eco); б – максимальний режим охолодження (Power)

Також лопаті вентилятора можна повертати за поздовжньою віссю для очищення радіатора.

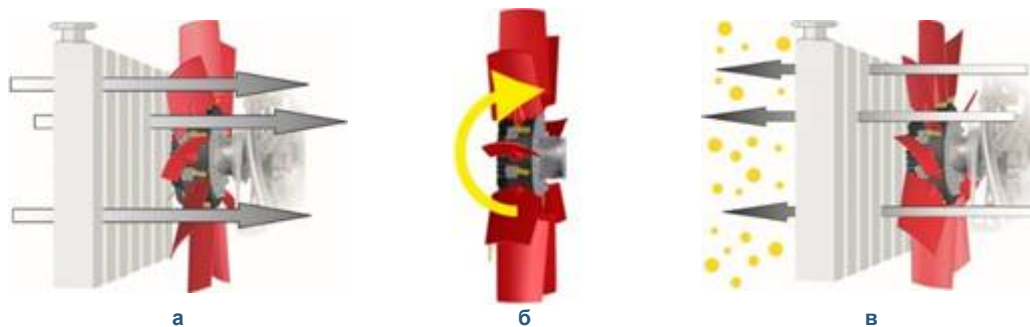


Рис. 3.8.68. Етапи очищення радіатора:

а – охолодження; б – поворот лопатей; в – очищення



Рис. 3.8.69. Напряг повітряних потоків вентилятора Cleanfix:

а – під час охолодження; б – під час очищення

Вентилятор Cleanfix має три системи регулювання:

- пневматична система для зміни положення лопатей від режиму охолодження до режиму очищення радіатора;
- воскові елементи для термічного регулювання кута лопатей відповідно до режиму охолодження;
- еластомери для регулювання положення лопатей залежно від частоти обертання вентилятора – зі збільшенням частоти, поворот лопатей зменшується, щоб забезпечити найбільш економічний режим роботи.

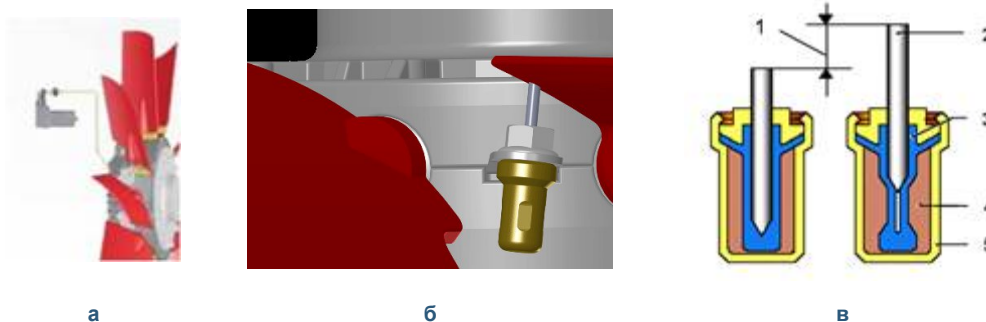


Рис. 3.8.70. Регулювання лопатей вентилятора Cleanfix:

а – пневматична система; б – воскові елементи; в – еластомери: 1 – хід штифта; 2 – реактивний штифт; 3 – гумова вставка; 4 – термочутлива речовина; 5 – корпус

Вентилятор Cleanfix

Найбільш досконалим і прийнятним методом, особливо для тракторних двигунів, є управління за термостатичним методом, під час якого регулювання продуктивності вентилятора здійснюється залежно від температури, наприклад, охолоджувальної рідини на виході з головки блока двигуна. Цей метод управління забезпечує більш точну підтримку теплового стану двигуна в заданих оптимальних межах за значного зниження витрат потужності на привід вентилятора.

Як правило, термостатичне регулювання продуктивності вентилятора здійснюється шляхом зміни частоти його обертання, кута установки лопатей робочого колеса, дроселюванням повітряного каналу або перепуском нагрітого повітря. Зміна частоти обертання робочого колеса вентилятора здійснюється за допомогою різних за конструкцією муфт: віскомуфтою, гідродинамічною, фрикційною, електромагнітною, а також гідростатичним приводом, окремими електродвигунами.

3.8.5.3. Регулювання теплового режиму двигуна зміною кількості циркулюючої охолоджувальної рідини через радіатор

Як зазначалось вище, регулювання температурного стану двигуна здійснюється також зміною кількості циркулюючої через радіатор охолоджувальної рідини.

Двоконтурна система охолодження двигуна

На деяких моделях бензинових двигунів з турбонаддувом використовують двоконтурну систему охолодження. Один контур забезпечує охолодження двигуна, другий – охолодження наддувного повітря. Контури охолодження незалежні один від одного, але мають з'єднання і використовують загальний розширювальний бачок. Незалежність контурів дозволяє підтримувати різну температуру охолоджувальної рідини в кожному з них, різниця температури може досягати 100°C. Змішуватися потокам охолоджувальної рідини не дають два зворотних клапани і дросель.

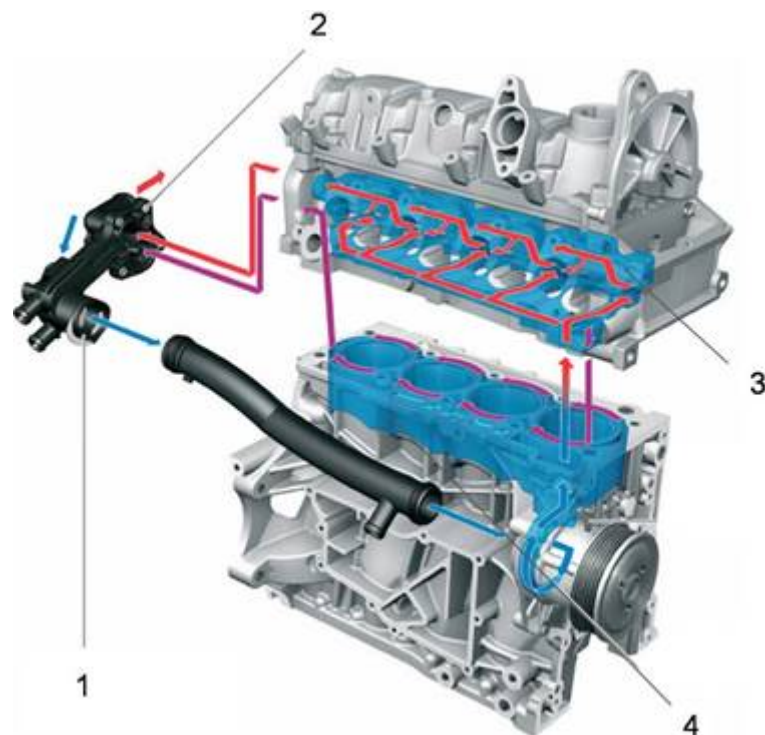


Рис. 3.8.71. Двоконтурна система охолодження двигуна:

1 – термостат 1; 2 – термостат 2; 3 – контур охолодження головки блока; 4 – контур охолодження блока циліндрів

1. Перший контур – система охолодження двигуна.

Стандартна система охолодження підтримує температурний режим двигуна в межах 105°C. На відміну від стандартної, в двоконтурній системі охолодження забезпечується температура в головці блоку циліндрів 87°C, в блоці циліндрів – 105°C. Це досягнуто за рахунок застосування двох термостатів.

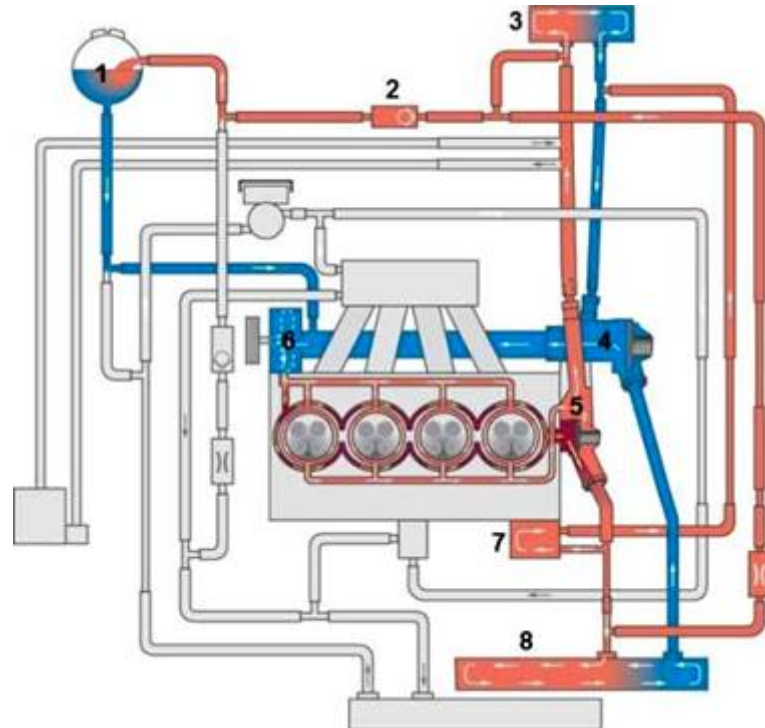


Рис. 3.8.72. Схема двоконтурної системи охолодження (перший контур):

1 – розширювальний бачок; 2 – зворотний клапан; 3 – теплообмінник опалювача; 4 – перший термостат; 5 – другий термостат; 6 – насос охолоджувальної рідини; 7 – масляний радіатор; 8 – радіатор системи охолодження двигуна

Так як в контурі головки блоку циліндрів повинна підтримуватися нижча температура, то в ньому циркулює більший об'єм охолоджувальної рідини (приблизно 2/3 від загального об'єму). Решта циркулює в контурі блоку циліндрів.

Для забезпечення рівномірного охолодження головки блоку циліндрів циркуляція охолоджувальної рідини проходить за напрямом від випускного колектора до впускного. Таку схему роботи називають поперечним охолодженням.

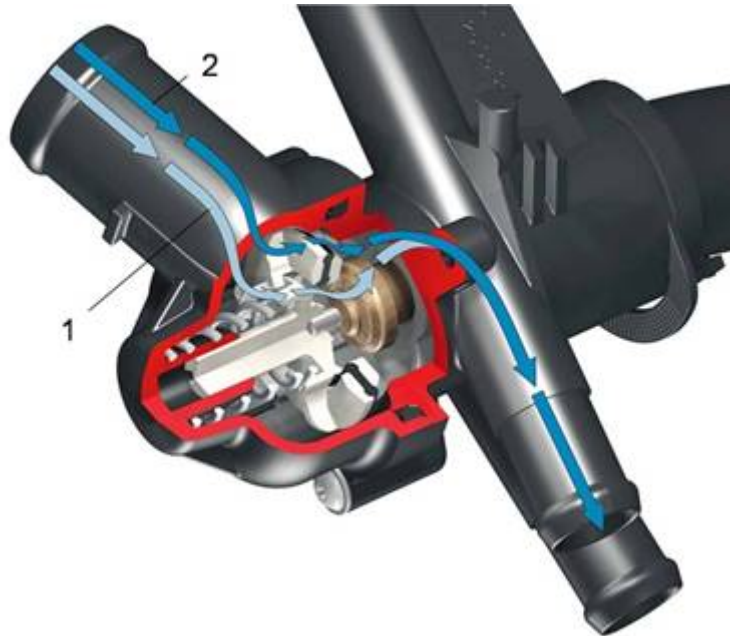


Рис. 3.8.73. Термостат з двохступінчастим регулюванням:

1 – перший етап; 2 – повністю відкритий

Висока інтенсивність охолодження головки блока циліндрів супроводжується високим тиском охолоджувальної рідини. Цей тиск змушений долати термостат під час відкриття. Для полегшення роботи в конструкції системи охолодження один з термостатів виконаний з двоступінчастим регулюванням. Тарілка такого термостата складається з двох взаємопов'язаних частин: малої та великої. Спочатку відкривається мала тарілка, яка потім піднімає велику тарілку.

Управління роботою системи охолодження здійснює система управління двигуном.

Під час запуску двигуна обидва термостати закриті – забезпечується швидкий прогрів двигуна. Охолоджувальна рідина циркулює малим колом контуру головки блока циліндрів: від насоса через головку блока циліндрів, теплообмінник опалювача, масляний радіатор і далі в розширювальний бачок. Цей цикл здійснюється до досягнення охолоджувальною рідиною температури 87°C.

За температури 87°C відкривається термостат контуру головки блока циліндрів і охолоджувальна рідина починає циркулювати великим колом: Від насоса через головку блока циліндрів, теплообмінник опалювача, масляний радіатор, відкритий термостат, радіатор і далі через розширювальний бачок. Цей цикл здійснюється до досягнення охолоджувальною рідиною в блоці циліндрів температури 105°C.

За температури 105°C відкривається термостат контуру блока циліндрів і в ньому починає циркулювати рідина. При цьому в контурі головки блока циліндрів завжди підтримується температура на рівні 87°C.

2. Другий контур – система охолодження наддувного повітря.

Система охолодження наддувного повітря представлена охолоджувачем, радіатором, насосом, які з'єднані трубопроводами. У систему охолодження також включений корпус підшипників турбокомпресора.

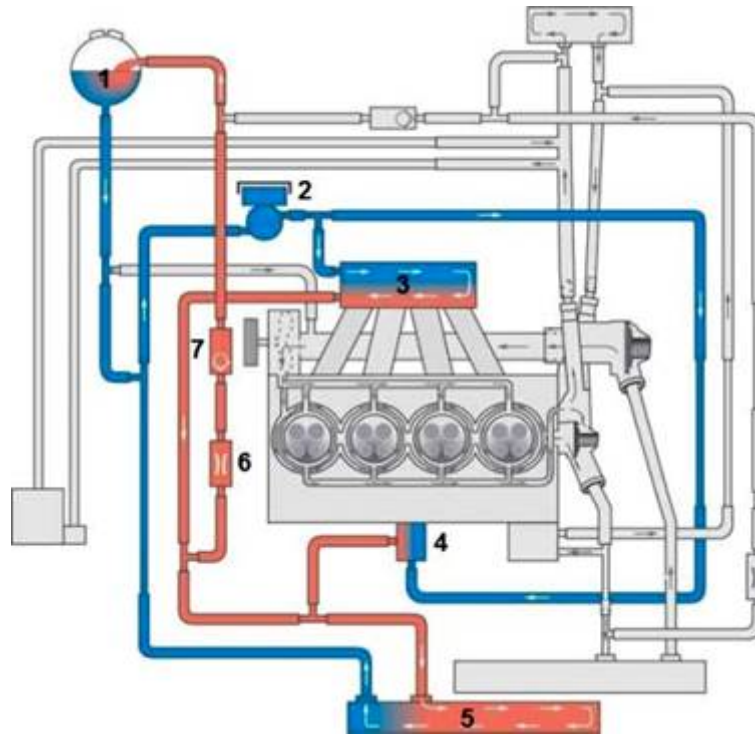


Рис. 3.8.74. Схема системи охолодження наддувного повітря (другий контур):

1 – розширювальний бачок; 2 – насос циркуляції охолоджувальної рідини; 3 – охолоджувач наддувного повітря; 4 – турбокомпресор; 5 – радіатор систем охолодження наддувного повітря; 6 – дросель; 7 – зворотний клапан

Циркуляція охолоджувальної рідини в контурі здійснюється за допомогою окремого насоса, який включають за сигналом блока управління двигуном. Рідина, проходячи через охолоджувач, забирає тепло наддувного повітря і далі охолоджується в радіаторі.

Система охолодження двигуна з електронним регулюванням

Вплив температури охолодної рідини на індикаторні показники двигуна неоднозначний. З одного боку, зі збільшенням температури охолоджувальної рідини підвищується температура стінки циліндра, що тягне за собою зменшення кількості теплоти, що відводиться за робочий хід у систему рідинного охолодження, а також збільшення індикаторної потужності. З іншого боку, зростає підігрів свіжого заряду на впуску, що призводить до падіння індикаторної потужності через зменшення коефіцієнта наповнення. Водночас, що вища температура охолоджувальної рідини, то менше теплове напруження деталей, що контактують з гарячими газами.

Зі збільшенням температури охолоджувальної рідини з 90 до 110 °С знижується вміст оксиду вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобільних двигунів на 20 і 10 % відповідно.

Система автоматичного регулювання температури термомеханічним термостатом зводиться до найпростішої схеми, де вхідним сигналом для системи рідинного охолодження є переміщення замикального елемента клапана термостата, а вихідним – температура охолоджувальної рідини. Величина поточної температури охолоджувальної рідини є результатом двох різноспрямованих процесів – підведення теплоти до рідини в двигуні і відведення теплоти в радіаторі. Також істотний вплив створюють процеси, викликані зміною поглинання тепла додатковими системами автомобіля, що працюють у контурі системи охолодження, внаслідок зміни режимів їх роботи (радіатор опалювача салону, газові випарники в системах живлення скрапленим газом тощо).

Звідси випливає, що існує регулювання температури охолоджувальної рідини термостатом, зазвичай, зводиться до релейного (крокового) керування температурним станом двигуна і не дозволяє підтримувати різну постійну температуру на сталих режимах. У класичній системі залежно від інтенсивності тепловиділення в двигуні (навантаження, частота обертання колінчастого вала двигуна) та інтенсивності охолодження в радіаторі (температура навколишнього середовища, швидкість набігаючого потоку повітря тощо) температура охолоджувальної рідини

знаходиться в певному інтервалі. Причому, цей інтервал дорівнює інтервалу температури налаштування термоелемента термостата, наприклад, 80 – 100°C. Тому в процесі експлуатації температура охолоджувальної рідини на виході з двигуна може змінюватися відносно заданої в межах 8 – 12 °C.

Таким чином, температура охолоджувальної рідини не залишається стабільною не тільки на перехідних, але й на стаціонарних режимах роботи двигуна. Через особливості системи автоматичного регулювання температури, а також через специфіку принципу дії термостата, під час зниження навантаження двигуна температура охолоджувальної рідини на виході з сорочки охолодження падає внаслідок зменшення потужності теплових втрат, що відводяться в системі рідинного охолодження. З аналізу впливу температури охолоджувальної рідини на показники токсичності і паливної економічності двигуна очевидно, що доцільно підтримувати підвищену температуру охолоджувальної рідини за малих навантажень і знижувати її за великих.

Існуюча система регулювання температури охолоджувальної рідини за допомогою термомеханічного термостата не дозволяє забезпечити оптимальний тепловий стан двигуна з точки зору паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів навіть на стаціонарних режимах роботи двигуна.

За системи охолодження з електронним регулюванням температура охолоджувальної рідини змінюється за часткового навантаження двигуна в межах від 95 до 110°C і повного навантаження – від 85 до 95°C.

Підвищена температура охолоджувальної рідини за часткового навантаження забезпечує сприятливі умови для роботи двигуна, що позитивно впливає на витрату палива і токсичність відпрацьованих газів.

Завдяки зниженій температурі охолоджувальної рідини за повного навантаження збільшується потужність двигуна. Усмоктуване повітря дещо охолоджується, що веде до зростання потужності двигуна.

Створення системи охолодження двигуна з електронним регулюванням мало на меті оптимізувати температуру охолоджувальної рідини відповідно до навантаження двигуна.

Відповідно до програми оптимізації, закладеної в пам'ять блока управління двигуном, за допомогою дії термостата і вентиляторів досягається необхідна робоча температура двигуна. Таким чином, температура охолоджувальної рідини приведена у відповідність з навантаженням двигуна.

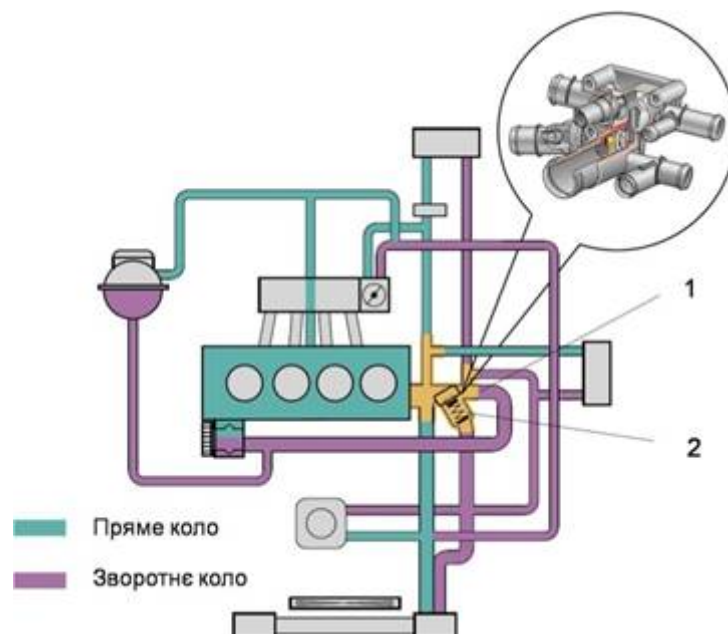


Рис. 3.8.75. Схема системи охолодження двигуна з електронним регулюванням:

1 – розподільник охолоджувальної рідини; 2 – термостат системи охолодження з електронним регулюванням

За оптимізації температури охолоджувальної рідини відповідно до поточного навантаження двигуна досягається:

- зменшення витрат палива за часткового навантаження двигуна;
- зменшення вмісту окису вуглецю та незгорілих вуглеводнів у відпрацьованих газах.

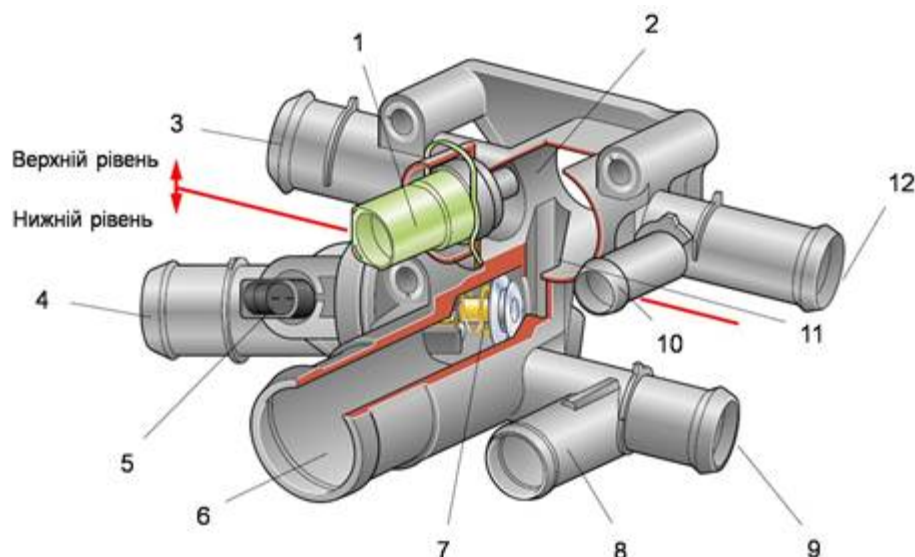


Рис. 3.8.76. Розподільник охолоджувальної рідини

1 – датчик температури охолоджувальної рідини; 2 – верхній рівень з підведенням охолоджувальної рідини від двигуна; 3 – до радіатора; 4 – зворотне коло від радіатора; 5 – штекерне гніздо для термостата системи опалення; 6 – до насоса охолоджувальної рідини; 7 – термостат нового покоління; 8 – зворотне коло масляного радіатора; 9 – від теплообмінника системи опалення; 10 – до масляного радіатора коробки передач; 11 – канал від верхнього до нижнього рівня; 12 – до теплообмінника системи опалення

Розподільник розміщений замість під'єднувальних штуцерів головки блоку циліндрів, у ньому є два рівні. Через верхній рівень охолоджувальна рідина надходить в окремі пристрої системи охолодження. Виняток становить підвід рідини до насоса системи охолодження.

На нижньому рівні відбувається надходження охолоджувальної рідини від окремих пристроїв.

Вертикальний канал пов'язує нижній і верхній рівні. Термостат за допомогою малої клапанної тарілки відкриває і закриває вертикальний канал.

Таким чином, розподільник – це пристрій для спрямування потоку охолоджувальної рідини в мале або велике коло.

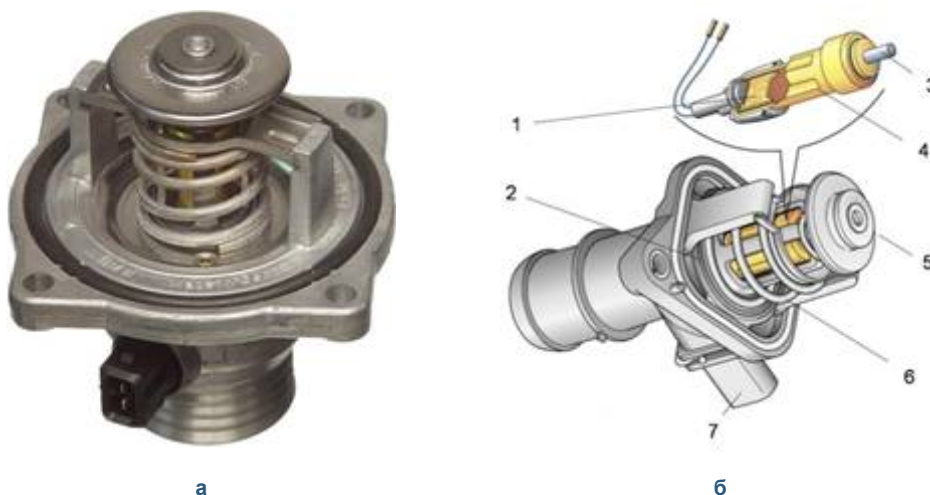


Рис. 3.8.77. Регуляторний модуль (термостат нового покоління):

а – загальний вигляд; б – будова: 1 – нагрівальний опір; 2 – велика клапанна тарілка для закриття великого кола циркуляції охолоджувальної рідини; 3 – штифт; 4 – термостат з твердим наповнювачем; 5 – мала клапанна тарілка для закриття малого кола циркуляції охолоджувальної рідини; 6 – пружина; 7 – штекерне з'єднання підігріву термостата

Регуляторний модуль системи працює таким чином: охолоджувальна рідина постійно обтікає термостат з твердим наповнювачем в розподільнику. У не нагрітому стані наповнювач веде себе, як звичайно, однак він налаштований на іншу температуру. За допомогою охолоджувальної рідини наповнювач розріджується і розширюється, що веде до підйому штифта.

Коли до нагрівального опору не надходить струм, термостат діє звичайним способом, однак температура його спрацювання відповідно до нової системи регулювання становить 110°C (температура охолоджувальної рідини на виході з двигуна).

У наповнювач вбудовано нагрівальний опір. Коли до нього подається струм, він нагріває наповнювач, і штифт тепер переміщається не тільки під дією нагрітої охолоджувальної рідини, а й під дією нагрівання опору, а рівень його нагрівання визначає блок управління двигуном відповідно до закладеної в нього програми оптимізації температури охолоджувальної рідини.

Циркуляція охолоджувальної рідини

1. Пуск і часткове навантаження холодного двигуна

Мале коло служить для швидкого прогрівання двигуна. Система оптимізації температури охолоджувальної рідини ще не вступає в дію.

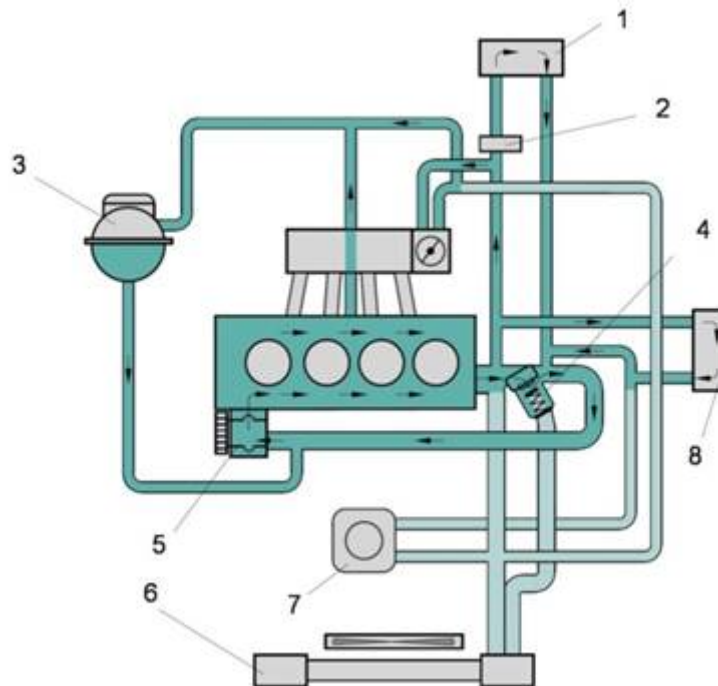


Рис. 3.8.78. Мале коло циркуляції:

1 – теплообмінник системи опалення; 2 – клапан вимкнення теплообмінника; 3 – розширювальний бачок; 4 – розподільник; 5 – насос охолоджувальної рідини; 6 – радіатор; 7 – масляний радіатор (в контурі системи охолодження двигуна); 8 – масляний радіатор коробки передач

Термостат у розподільній коробці перешкоджає виходу охолоджувальної рідини з двигуна і відкриває найкоротший шлях до насоса, радіатор не увімкнений в коло циркуляції охолоджувальної рідини. Температурний діапазон у малому колі для прогріву і для різного ступеня часткового навантаження від 95 до 110°C .

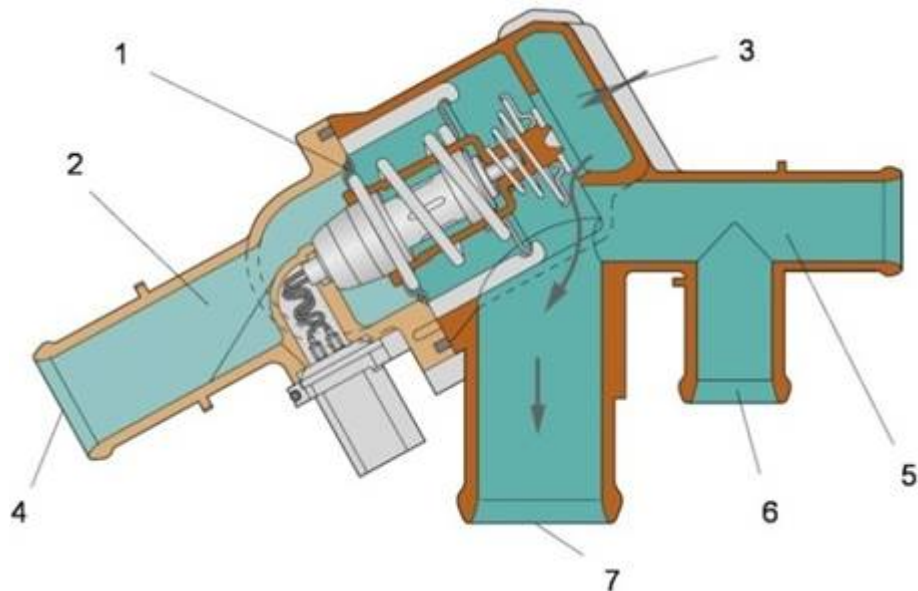


Рис. 3.8.79. Рух охолоджувальної рідини малим колом

1 – хід охолоджувальної рідини від радіатора перекритий; 2 – зона відстою охолоджувальної рідини; 3 – потік охолоджувальної рідини від двигуна через верхній рівень розподільника; 4 – від радіатора; 5 – від теплообмінника системи опалення; 6 – від масляного радіатора; 7 – до насоса охолоджувальної рідини

2. Двигун запущений і працює

Охолоджувальна рідина під дією насоса циркулює малим колом. Вона надходить з блоку циліндрів у верхній рівень розподільника і перетікає через канал у нижній рівень. Положення термостата таке, що можливий рух охолоджувальної рідини тільки до насоса. Ця рідина нагрівається дуже швидко, чому сприяє циркуляція її тільки малим колом.

Теплообмінник системи опалення та масляний радіатор включені в мале коло. Клапан відключення теплообмінника перекриває рух рідини до теплообмінника тільки тоді, коли ручка управління системою опалення встановлена в положенні "Aus" ("Вимкнено") і таким чином запобігає нагріванню повітря в салоні автомобіля.

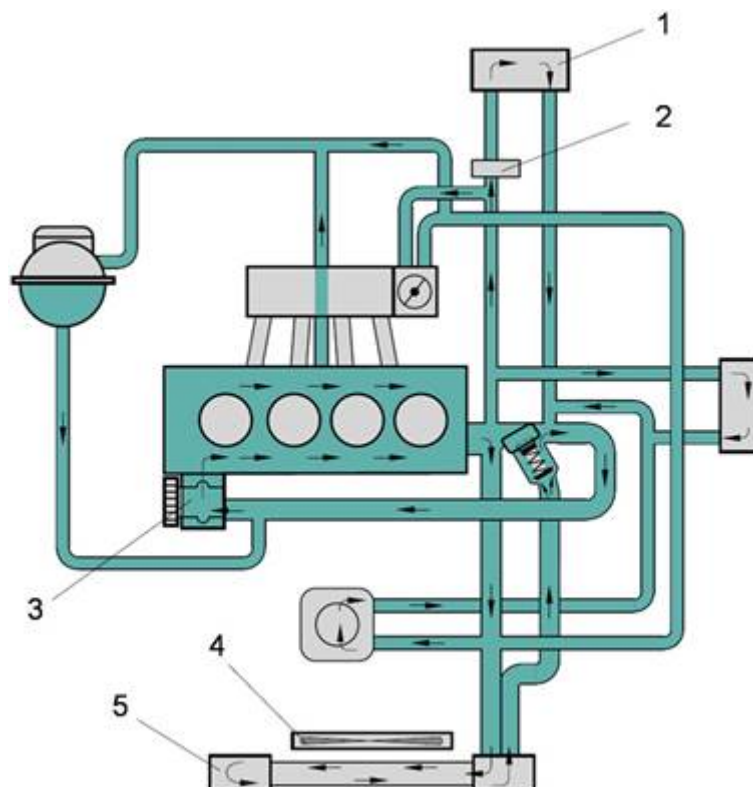


Рис. 3.8.80. Велике коло циркуляції:

1 – теплообмінник системи опалення; 2 – клапан відключення теплообмінника; 3 – насос; 4 – вентилятори радіатора; 5 – радіатор

Рух охолоджувальної рідини великим колом відкривається або за допомогою термостата в регуляторі по досягненню температури приблизно 110°C, або відповідно з навантаженням двигуна за програмою оптимізації температури охолоджувальної рідини, закладеної в блок управління двигуном.

Температурний діапазон охолоджуючої рідини при її русі по великому колу при повному навантаженні двигуна від 85 до 95°C.

При збільшенні охолодження рідини за допомогою зустрічного потоку повітря і при роботі двигуна на холостому ході електровентилятори можуть бути вимкнені.

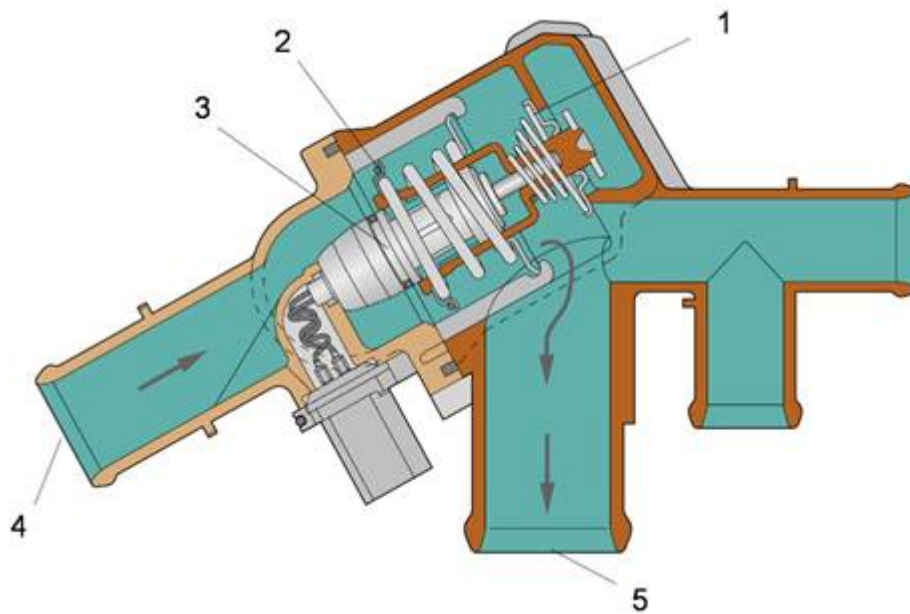


Рис. 3.8.81. Рух охолоджувальної рідини великим колом циркуляції:

1 – мала клапанна тарілка; 2 – велика клапанна тарілка; 3 – термостат; 4 – зворотний потік з радіатора; 5 – до насоса

3. Двигун працює за повного навантаження.

За повного навантаження двигуна необхідне інтенсивне охолодження охолоджувальної рідини. На термостат у розподільнику надходить струм, і відкривається шлях для рідини з радіатора. Одночасно за допомогою механічного зв'язку мала клапанна тарілка перекриває шлях до насоса в малому колі.

Насос подає охолоджувальну рідину, що виходить з головки блока, через верхній рівень безпосередньо до радіатора. Охолоджена рідина з радіатора надходить у нижній рівень і звідти засмоктується насосом.

Можлива також комбінована циркуляція охолоджувальної рідини. Одна частина рідини проходить малим колом, інша – великим.

Інноваційна система терморегулювання

Під час запуску двигуна і початку руху потрібно швидко прогріти двигун і трансмісію. Особливо це актуально під час експлуатації автомобіля в холодну пору. Під прогрівом слід розуміти досягнення охолоджувальною рідиною і маслами робочої температури, за якої є мінімальні втрати на тертя.

Компанія Volkswagen розробила інноваційну систему терморегулювання (Innovative Thermal Management, ITM), яка здійснює під час запуску швидкий прогрів двигуна, автоматичної коробки передач, салону автомобіля і дозволяє домогтися певної економії палива.

Систему ITM використовують у низці бензинових (TSI, FSI) і дизельних (TDI) двигунів концерну Volkswagen.

Інноваційна система терморегулювання – це електронна система управління, інтегрована в діючу систему охолодження. Як будь-яка електронна система управління система ITM включає вхідні датчики, блок управління і виконавчі пристрої.

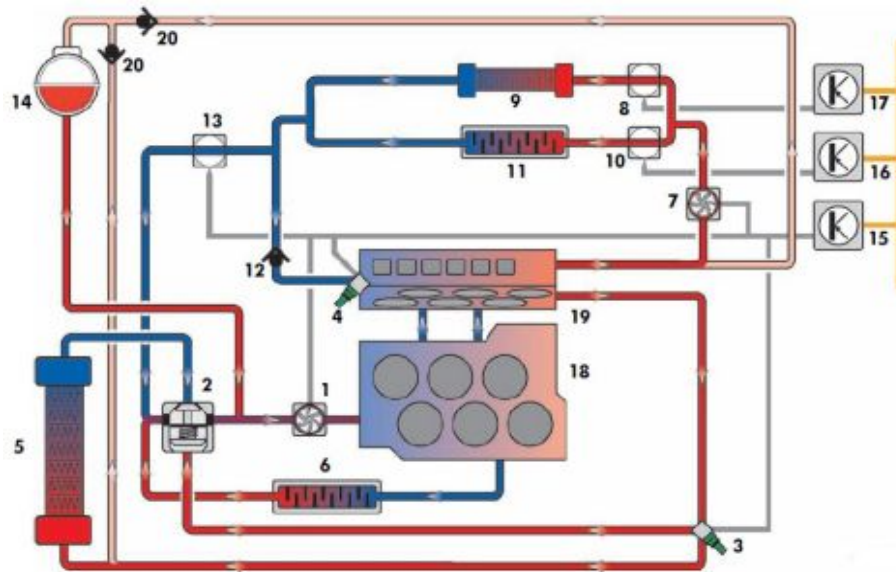


Рис. 3.8.82. Інноваційна система терморегулювання:

1 – насос охолоджуючої рідини з електромагнітним клапаном, який вимикають; 2 – термостат; 3 – датчик температури охолоджувальної рідини; 4 – датчик температури охолоджувальної рідини на вході ГБЦ; 5 – радіатор системи охолодження; 6 – масляний радіатор; 7 – додатковий насос охолоджувальної рідини; 8 – запірний клапан теплообмінника підігріву; 9 – теплообмінник підігріву; 10 – вимикальний клапан теплообмінника масла АКПП з електромагнітним клапаном; 11 – теплообмінник масла АКПП; 12 – зворотний клапан; 13 – вимикальний клапан блоку циліндрів з електромагнітним клапаном; 14 – розширювальний бачок; 15 – блок управління двигуна; 16 – блок управління АКПП; 17 – блок управління системи клімат-контролю; 18 – блок циліндрів; 19 – головка блоку циліндрів (ГБЦ); 20 – зворотний клапан

Вхідні датчики оцінюють температурний режим двигуна, а також режими його роботи. До них відносять датчики температури охолоджувальної рідини, температури охолоджувальної рідини на вході головки блоку циліндрів, частоти обертання колінчастого вала, витратомір повітря. У роботі системи також використовують датчик температури масла автоматичної коробки передач, увімкнений в ланцюг управління АКПП.

Сигнали від датчиків надходять в електронний блок управління, в якості якого використовують блок керування двигуном. Встановлене в блоці спеціальне програмне забезпечення обробляє сигнали датчиків і формує керувальні виконавчі пристрої. У роботі блок керування двигуном взаємодіє з блоками управління автоматичної коробки передач і системи клімат-контролю. При цьому кожен з блоків впливає на свої виконавчі пристрої.

До виконавчих пристроїв інноваційної системи терморегулювання відносять:

- електромагнітний клапан вимкнення насоса охолоджувальної рідини;
- додатковий насос охолоджувальної рідини;
- електромагнітний клапан відключення циркуляції охолоджуючої рідини в блоці циліндрів;
- електромагнітний клапан вимкнення теплообмінника масла акпп;
- запірний клапан теплообмінника обігрівача.

В інноваційній системі терморегулювання використовують вимикальний насос охолоджувальної рідини. Під час прогрівання двигуна насос вимикається кільцевою заслінкою, яка насувається на крильчатку. Заслінка має вакуумний

привід, яким керує відповідний електромагнітний клапан. У вихідне положення кільцева заслінка повертається під дією пружини.

Додатковий насос охолоджувальної рідини забезпечує її циркуляцію в контурі головки блока циліндрів. Конструктивно він об'єднує відцентровий насос і електродвигун, який вмикається за сигналом блока управління двигуном.

Для здійснення циркуляції охолоджувальної рідини в контурі головки блока циліндрів перекривається доступ рідини. Цю функцію виконує вимикальний клапан блока циліндрів. Клапан має вакуумний привід, управління яким здійснює відповідний електромагнітний клапан. Під час подачі напруги на електромагнітний клапан, вакуумний канал відкривається, вакуум подається до вимикального клапана, той, в свою чергу, перекриває магістраль охолоджувальної рідини до блока циліндрів.

Аналогічний клапан увімкнений в магістраль теплообмінника масла АКПП. Клапан має вакуумний виконавчий привід, керування яким здійснює відповідний електромагнітний клапан.

Охолоджувальна рідина, проходить через теплообмінник опалювальника, за необхідності перекривається запірним клапаном. Клапан має електромеханічний привід, що включає електродвигун і черв'ячний редуктор.

Роботу інноваційної системи терморегулювання можна розділити на низку незалежних функцій:

- припинення циркуляції охолоджувальної рідини;
- нагрів масла автоматичної коробки передач;
- опалення салону під час запуску двигуна;
- вимкнення теплообмінника обігрівача салону.

Залежно від версії системи ITM перелік функцій може відрізнятися.

Під час запуску двигуна циркуляція охолоджувальної рідини не відбувається, основний насос вимкнений, доступ рідини в блок циліндрів перекритий клапаном. Відсутність циркуляції охолоджувальної рідини забезпечує швидкий прогрів двигуна.

За бажанням водій опалює салон автомобіля, для чого включається додатковий насос охолоджувальної рідини, відкривається запірний клапан теплообмінника опалювача, охолоджувальна рідина починає циркулювати через головку блоку циліндрів.

За досягнення температури охолоджувальної рідини 75 °C вмикається основний насос охолоджувальної рідини, температура в голівці блоку циліндрів і блоці циліндрів поступово вирівнюються. Додатковий насос продовжує працювати і допомагає циркуляції охолоджувальної рідини.

Паралельно через теплообмінник відбувається нагрів масла АКПП. За досягнення робочої температури масла клапан теплообмінника АКПП закривається і нагрівання масла припиняється.

За досягнення температури 87 °C відкривається клапан, що відповідає повному прогріванню двигуна. З подальшим ростом температури спрацьовує термостат, і охолоджувальна рідина починає циркулювати через радіатор.

Регулювальний насос охолоджувальної рідини

На деяких двигунах концерну Volkswagen встановлюється регулювальний насос охолоджувальної рідини. Який забезпечує швидке прогрівання двигуна під час запуску за рахунок вимкнення подачі охолоджувальної рідини до досягнення температури 30 C. При цьому охолоджувальна рідина постійно знаходиться в двигуні і прогрівається значно швидше. Крім прогрівання, застосування цього насоса призводить до зниження витрати палива (на бензинових моторах Ауді V6 дозволяє заощадити до 0,1 л/100 км).

Припинення подачі охолоджувальної рідини здійснюється за допомогою кільцевої діафрагми (заслінки), яка перекриває шлях рідини, крильчатка при цьому продовжує обертатися. Діафрагма важелями з'єднана з мембраною, яка переміщається під дією розрядження. Порожнина перед діафрагмою сполучена магістраллю з джерелом розрідження – впускним колектором.

Вакуумний канал перекриває регулювальний клапан, увімкнений в систему управління двигуном. При його відкритті мембрана під дією розрідження переміщується, дезактивуючи робоче колесо насоса – насос працює вхолосту.

Під час закриття клапана мембрана під дією пружини повертається на місце, а діафрагма звільняє крильчатку – насос починає працювати.

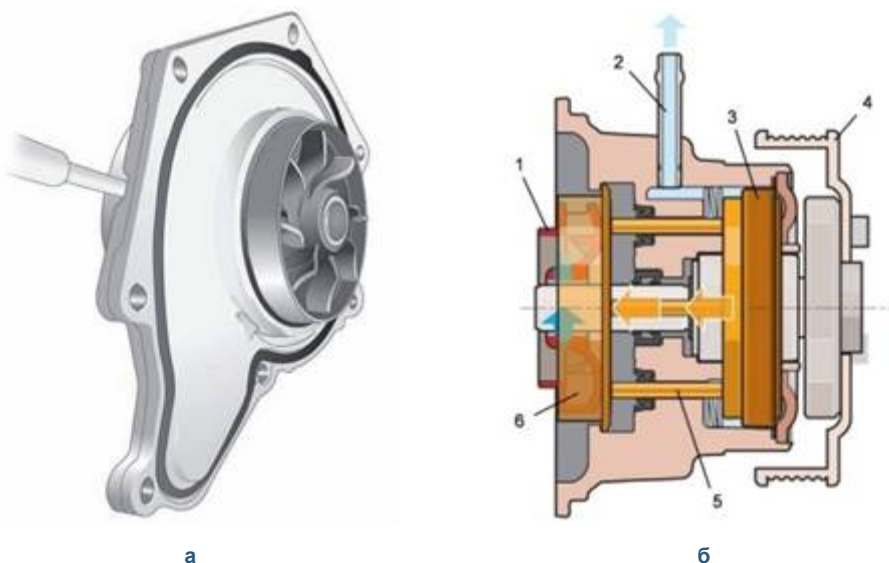


Рис. 3.8.83. Режим подачі охолоджувальної рідини відключений:

а – загальний вигляд; б – схема: 1 – робоче колесо (крильчатка); 2 – вакуумна магістраль; 3 – мембрана; 4 – шків; 5 – механізм важеля; 6 – діафрагма (заслінка)

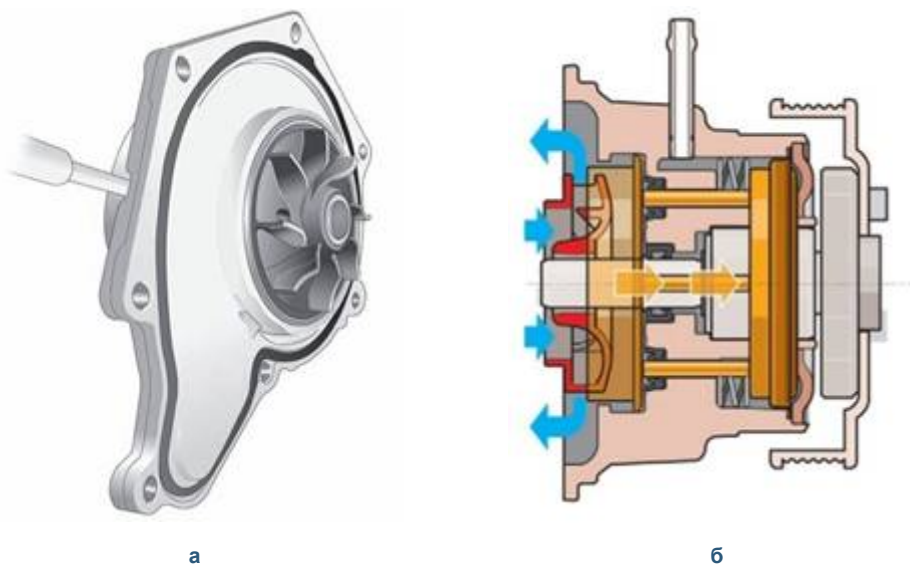


Рис. 3.8.84. Насос у режимі подачі охолоджувальної рідини:

а – загальний вигляд; б – схема

Компанія Pierburg Pump Technology GmbH виготовляє регульовальний насос охолоджувальної рідини, в якому продуктивність змінюється завдяки змінній геометрії крильчатки. Залишивши механічний привід крильчатки помпи, її забезпечили напрямним апаратом з рухомими лопатками, керованими кроковим електродвигуном. У результаті, коли інтенсивне охолодження двигуну не потрібне, крильчатка орієнтується так, щоб мінімально перешкоджати течії потоку. Соленоїди можуть переміщати лопатки в широких межах – як максимально розкривати їх, так і зовсім притискати до вала. В останньому випадку продуктивність помпи буде практично мінімальна. Змінює геометрію крильчатки електричний модуль управління, який отримує сигнали від блоку ECU. Відповідно, охолоджувальна рідина починає циркулювати не відразу після запуску холодного двигуна, а лише в міру його нагрівання. Це дозволяє не тільки економити паливо (більше 5%), а й забезпечувати прискорене прогрівання двигуна.



а



б

Рис. 3.8.85. Регулювальний насос Pierburg Pump Technology:

а – загальний вигляд; б – привід рухомих лопаток напрямного апарата

3.8.6. Технічне обслуговування системи охолодження двигуна

Основні несправності системи охолодження:

- перегрівання двигуна;
- переохолодження двигуна;
- підтікання охолоджувальної рідини;
- проникнення охолоджувальної рідини в систему мащення.



Рис. 3.8.86. Перегрівання двигуна

Причини, які можуть викликати перегрівання:

- недостатня кількість охолоджувальної рідини в системі охолодження;
- послаблення натягу або замаслювання паса урухомлення вентилятора;
- заїдання жалюзів у закритому стані;
- неправильна робота термостата (заїдання клапана великого кола в закритому положенні) ;
- поломка насоса або вентилятора;
- велике відкладання накипу в радіаторі і сорочці охолодження;
- перевантаження двигуна;
- порушення герметичності парового клапана пробки радіатора.



Рис. 3.8.87. Причини перегрівання двигуна:

а – відкладання накипу в радіаторі; б – пошкодження парового клапана пробки радіатора; в – недостатня кількість охолоджувальної рідини в системі охолодження; г – поломка вентилятора

Причини, які можуть викликати переохолодження:

- великий натяг pasa вентилятора;
- заїдання жалюзів (шторки) у відкритому положенні в холодну пору року;
- неправильна робота термостата;
- відсутність утеплювального чохла.



Рис. 3.8.88. Утеплювальний чохол

Причини підтікання охолоджувальної рідини:

- послаблення кріплення приладів і патрубків;
- пошкодження ущільнювальних прокладок у місцях кріплення приладів системи охолодження;
- утворення тріщин у радіаторі, сорочці охолодження та інших приладах;
- зношування сальника відцентрового насоса;
- прорив з'єднувальних патрубків.

Причини потраплення охолоджувальної рідини в систему мащення:

- пошкодження ущільнювальних кілець гільз у блоці циліндрів;
- пошкодження прокладки головки блока;
- утворення тріщини на гільзі.

Технічне обслуговування системи повітряного охолодження полягає у перевірці й очищенні захисної ґратки вентилятора, ребристих поверхонь циліндрів і головок, періодичній перевірці і регулюванні урухомлення вентилятора.

Силу натягу пасів урухомлення вентилятора регулюють зміщенням генератора. Вони мають бути натягнуті так, щоб від натискання посеред шківів колінчастого вала й вентилятора із зусиллям 40 Н прогин становив 15 – 22 мм (для двигунів Д-21А1, Д-144).

Тепловий стан двигуна з повітряним охолодженням визначають за температурою оливи (55 – 100°C). За важких умов роботи допускається короточасне підвищення температури до 110 °С.

Під час технічного обслуговування системи рідинного охолодження підтримують потрібний рівень рідини в радіаторі (розширювальному) бачку, перевіряють і регулюють натяг паса урухомлення вентилятора, змащують підшипники вентилятора й насоса, промивають систему.

Перед пуском двигуна потрібно переконаватися в тому, що рівень охолоджувальної рідини в радіаторі нижчий від верхнього краю заливної горловини від відповідної позначки розширювального бачка на 60 – 70 мм. Якщо система охолодження заповнена антифризом, перед початком зимової експлуатації потрібно перевірити його щільність, яка має становити 1,1 – 1,5 г/см³.



а



б

Рис. 3.8.89. Перевірка рівня охолоджувальної рідини:

а – в радіаторі; б – в розширювальному бачку

Щоб зменшити утворення накипу в системі охолодження, воду потрібно міняти якомога рідше (зливати у чистий посуд, щоб використати для наступної заправки).

На охолодження двигуна шкідливо впливають мінеральні оливи й дизельне паливо, що потрапляють у систему разом з охолоджувальною рідиною. Вони утворюють на стінках системи охолодження плівку, яка знижує теплопровідність накипу, що нашаровується на стінках сорочки охолодження.

Під час перевірки рівня охолоджувальної рідини за працюючого двигуна кришку слід відкривати обережно, тому що рідина може вибризнати з горловини.

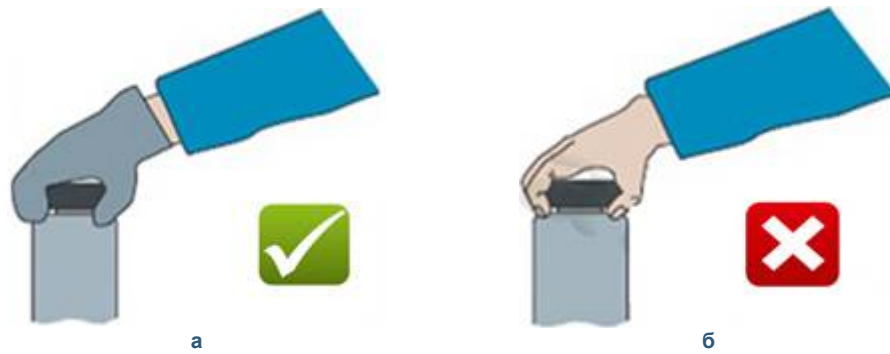


Рис. 3.8.90. Відкривання кришки радіатора:

а – правильно; б – неправильно

Доливають воду в перегрітий двигун тонким струменем і обов'язково за працюючого двигуна, інакше можуть утворитися тріщини в головці циліндрів внаслідок нерівномірності охолодження.



Рис. 3.8.91. Доливання охолоджувальної рідини

Підшипники вентилятора і насоса змащують під час ТО-1. Для цього з прес-маслянки видаляють бруд і шприцом вводять мастило. Одночасно перевіряють натяг пасів урухомлення вентилятора, генератора і компресора, чистоту пасів, впевнюються у відсутності їх розшарування й замаслення. Шківни мають перебувати в одній площині обертання (допустиме відхилення до 2 мм).

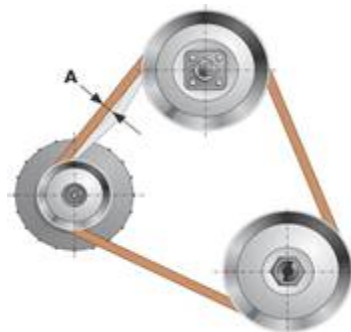


Рис. 3.8.92. Змащування підшипників вентилятора і насоса трактора МТЗ-80

Силу натягу пасів визначають за їхнім прогином посередині між шківками. Після натискування із зусиллям 30 – 50 Н прогин має становити 8 – 14 мм (за недостатнього натягу паса можливе перегрівання двигуна, за надмірного – передчасне спрацювання паса, підшипників вентилятора й генератора). Для регулювання натягу приводного паса потрібно послабити кріплення генератора або натяжного ролика, змінити їх положення й затягнути кріплення.



а



б

Рис. 3.8.93. Перевірка натягу паса:

а – загальний вигляд; б – схема

Промивають систему охолодження й видаляють з неї накіп під час ТО-3. При цьому зливають охолоджувальну рідину і заливають спеціальний розчин: на 1 л беруть 15 г технічного фосфату натрію і 6 г кальцинованої соди. Запускають двигун і прогрівують його на номінальній частоті обертання колінчастого вала з утепленим радіатором упродовж 10 хв. Зупиняють двигун, зливають розчин, заповнюють систему чистою водою, після чого знову запуск двигун, щоб він попрацював 5 хв із середньою частотою обертання колінчастого вала. Якщо після відкриття зливного крана витікає каламутна вода, систему потрібно промити повторно.

Для визначення потреби видалення накипу з системи охолодження встановлюють тривалість прогрівання двигуна до температури охолоджувальної рідини, що збігається зі зчезненням димлення. У приміщенні з піднятою шторкою радіатора або в теплу пору року на відкритій місцевості ця температура (50 – 60°C) має досягатися не більш ніж за 8 хв. Якщо двигун прогрівається повільніше, то треба видалити накіп.

Для цього систему після промивання заповнюють содовим розчином, що містить 100 г кальцинованої соди і 50 г гасу або 80 г каустичної соди і 25 г гасу в 1 л води. Запускають двигун і з цим розчином працюють упродовж зміни (або після прогрівання двигун працює 10 хв, потім його зупиняють і залишають розчин у системі на 10 – 12 год), після чого зливають.

Якщо перед зливанням розчину двигун не працював, його потрібно запустити і прогріти. Потім систему промивають водою і заповнюють робочою охолоджувальною рідиною.

Забороняються пуск і робота (навіть короткочасна) двигуна після зливання охолоджувальної рідини, бо це може спричинити руйнування ущільнювальних гумових кілець гільз циліндрів, випадання сідел клапанів, короблення головки тощо.

Під час сезонного технічного обслуговування перевіряють роботу термостата й термометра.

Термостат знімають з двигуна і кип'ятять у содовому розчині для видалення накипу. Після цього його разом з контрольним термометром вміщують у прозору посудину з водою і нагрівають кип'ятильником. Стежать за показами термометра і станом термостата: у справному термостаті клапан починає відкриватися за температури 70°C , а за 80°C він має бути повністю відкритим.

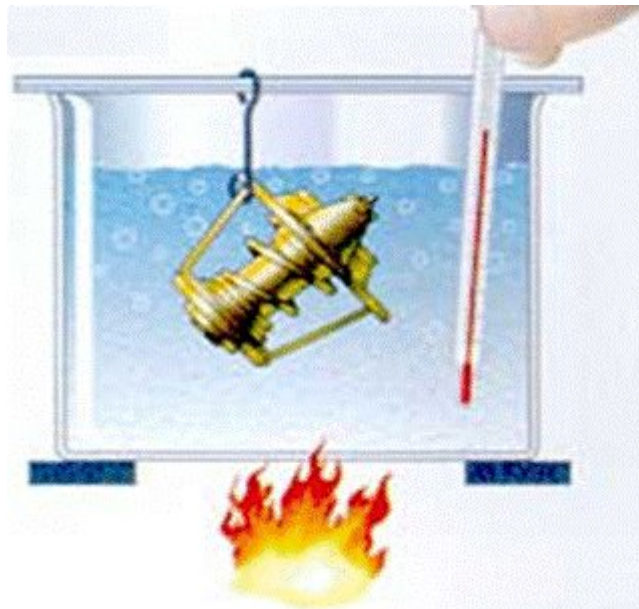


Рис. 3.8.94. Перевірка справності термостата

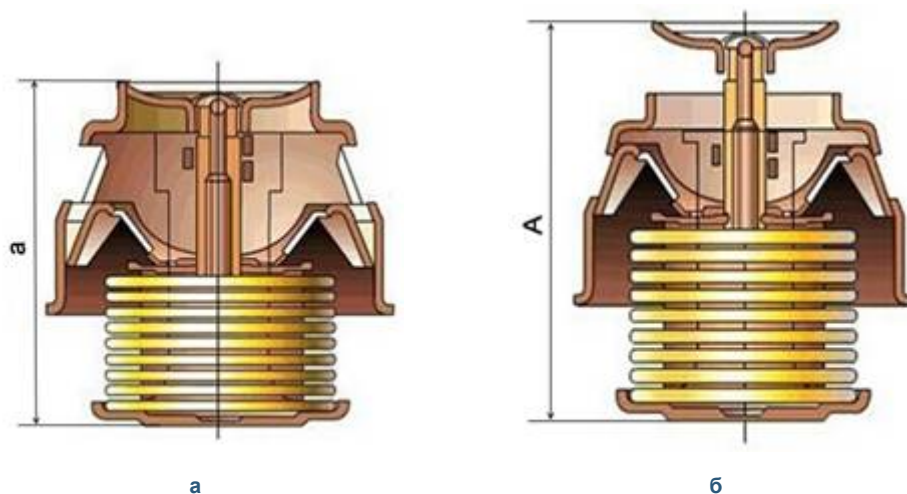


Рис. 3.8.95. Рідинний термостат:

а – клапан закритий; б – клапан відкритий

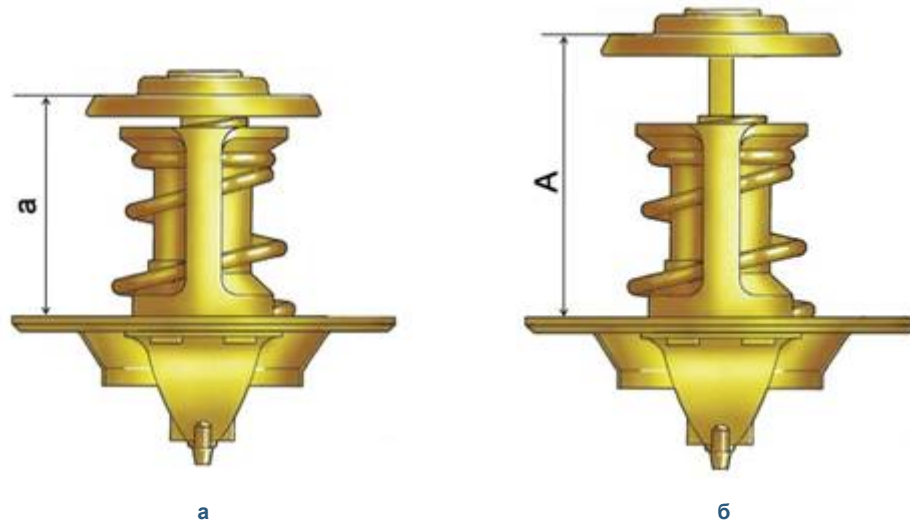


Рис. 3.8.96. Термостат із твердим наповнювачем:

а – клапан закритий; б – клапан відкритий

Перевірити справність термометра системи охолодження можна у тій самій посудині, що й термостата. Для цього в посудину вміщують датчик термометра і контрольний термометр. Воду нагрівають і спостерігають за показами термометрів: допускається різниця показів $\pm 5\%$ значення, що вимірюється.

Термометр системи охолодження можна перевірити також порівнянням його показів з показами рідинного термометра, зануреного в охолоджувальну рідину в заливну горловину радіатора.

Несправності, поняття про технічне обслуговування і регулювання в системі охолодження двигуна

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?](#)