

Будова та принцип роботи компресійної холодильної машини

План

- 1 Принцип роботи компресійної холодильної машини
- 2 Поняття про холодильний цикл. Зворотний цикл Карно
- 3 Характеристика холодильних агентів
- 4 Компресори холодильних машин
- 5 Теплообмінні апарати холодильних машин
 - 5.1 Випарники
 - 5.2 Конденсатори
- 6 Допоміжне обладнання холодильних машин
- 7 Холодильні агрегати
- 8 Принципові схеми холодозабезпечення

1 Принцип роботи компресійної холодильної машини

Холодильні машини, які застосовуються у харчовій промисловості та ресторанному господарстві, складаються з таких основних елементів: *компресор, конденсатор, випарник, регулювальний (дросельний) вентиль*. Такі машини називаються *паровими компресійними холодильними машинами*.

Принцип роботи компресійної холодильної машини розглянемо за допомогою схеми на рис. 2.1.

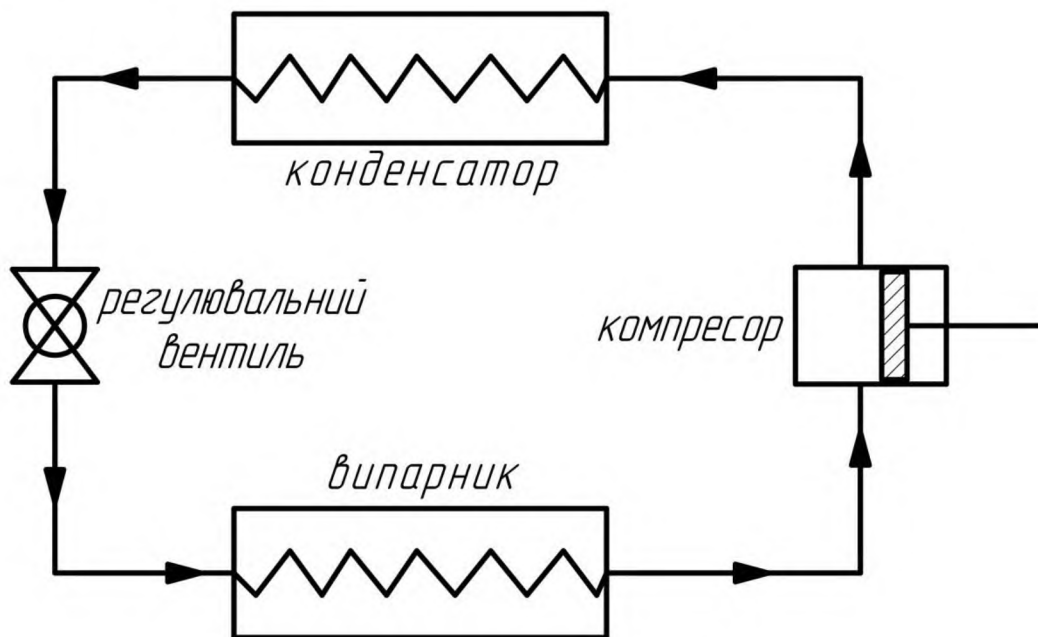


Рис. 2.1 Схема роботи компресійної холодильної машини

Рідкий холодильний агент (робоче тіло) кипить у випарнику. Кипіння супроводжується поглинанням теплоти з охолоджуваного об'єму (камери холодильника) холодильним агентом.

Компресор безперервно відсмоктує пари хладона, що утворилися, знижуючи тиск у випарнику. В компресорі хладон стискається, а його тиск збільшується.

ся. Далі холодильний агент за високого тиску нагнітається компресором у конденсатор, віддає теплоту у навколишнє середовище і зріджується.

Зріджений холодильний агент подається у випарник через регулювальний (дросельний) вентиль. Цикл повторюється.

Регулювальний вентиль забезпечує зниження тиску і температури створенням необхідного опору між сторонами високого (у конденсаторі) та низького (у випарнику) тиску. Рідина із конденсатора, яка проходить через дросельний вентиль, відразу потрапляє в область низького тиску і частково перетворюється пару, тому у випарник надходить суміш рідкого та пароподібного хладона. Отже, лише частина холодильного агента кипить у випарнику, забираючи теплоту від об'єкта охолодження, що призводить до **зниження питомої масової холодопродуктивності холодильного агента і холодильного коефіцієнта та збільшення роботи циклу**.

Будова найпростіших холодильних машин на прикладі холодильних агрегатів побутових холодильників наведена на рис. 2.2.

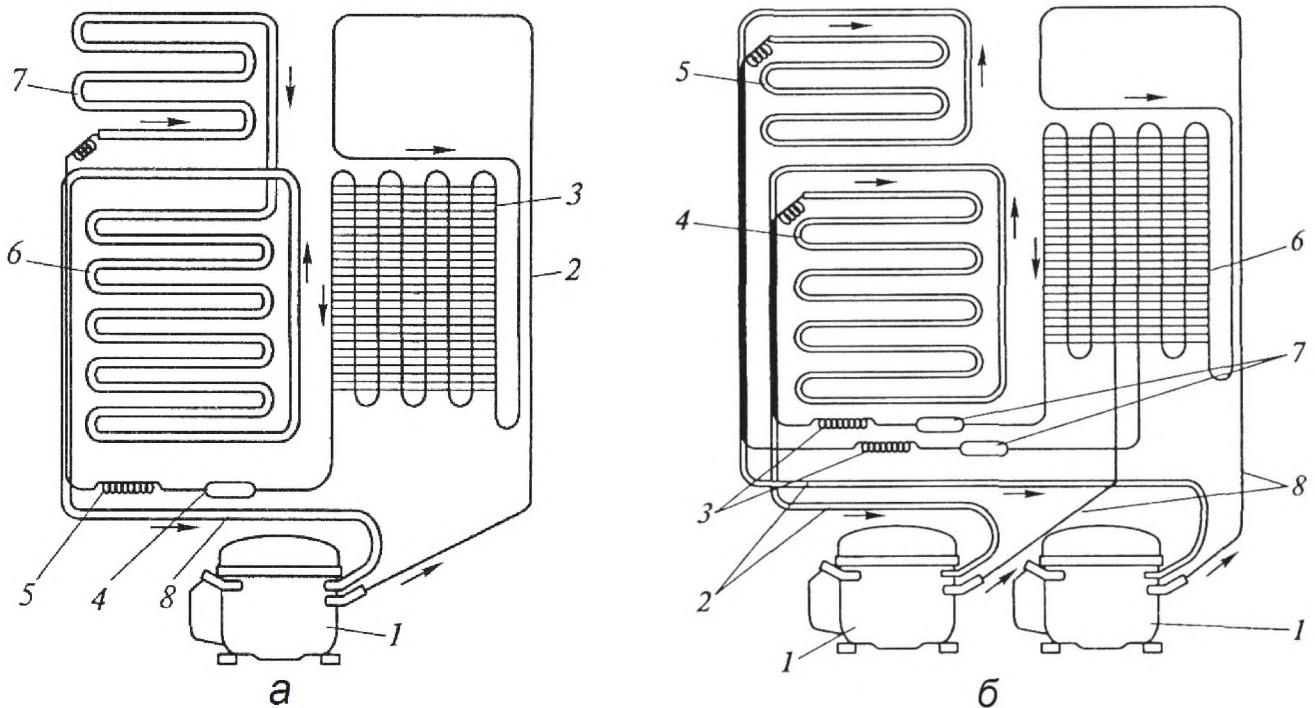


Рис. 2.2 Схеми холодильних агрегатів побутових холодильників

а – холодильний агрегат двокамерного холодильника з одним компресором:

1 – компресор; 2 – лінія нагнітання; 3 – конденсатор; 4 – фільтр-осушувач; 5 – дросельний вентиль; 6 – випарник холодильної камери; 7 – випарник морозильної камери; 8 – лінія всмоктування холодильного агента;

б – холодильний агрегат двокамерного холодильника з двома компресорами (окремо для холодильної та морозильної камер):

1 – герметичні компресори; 2 – лінії всмоктування холодильного агента; 3 – дросельні вентилі; 4 – випарник холодильної камери; 5 – випарник морозильної камери; 6 – конденсатор; 7 – фільтри-осушувачі; 8 – лінії нагнітання холодильного агента в компресор

2 Поняття про холодильний цикл. Зворотний цикл Карно

Цикл – це замкнена сукупність термодинамічних процесів, в результаті яких робоче тіло (холодильний агент) буде змінювати свої параметри стану, можливо агрегатний стан, і повернеться згодом до початкових значень параметрів, тобто у початковий стан.

За початок циклу, як правило, приймають точку, де починається підвід теплоти до робочого тіла.

Цикли є **прямі і зворотні**. В прямих циклах теплота перетворюється в роботу (цикли теплових двигунів). **Для переносу теплоти від менш нагрітого тіла до більш нагрітого використовують зворотні цикли.**

Цикли зображують в системі координат, відкладаючи на осях параметри стану робочого тіла. Прямі цикли на діаграмах зображуються за годинниковою стрілкою, лінія розширення розміщується вище лінії стискання. Зворотні цикли направлені проти годинникової стрілки, а лінія розширення знаходиться нижче лінії стискання. **Робота стискання в зворотних холодильних циклах завжди більша за роботу розширення.** Прагнуть створити такі цикли, в яких отримання холоду відбувається з мінімальними витратами зовнішньої енергії.

Розглянемо найпростіший холодильний цикл в координатах $p-v$ (тиск–об'єм).

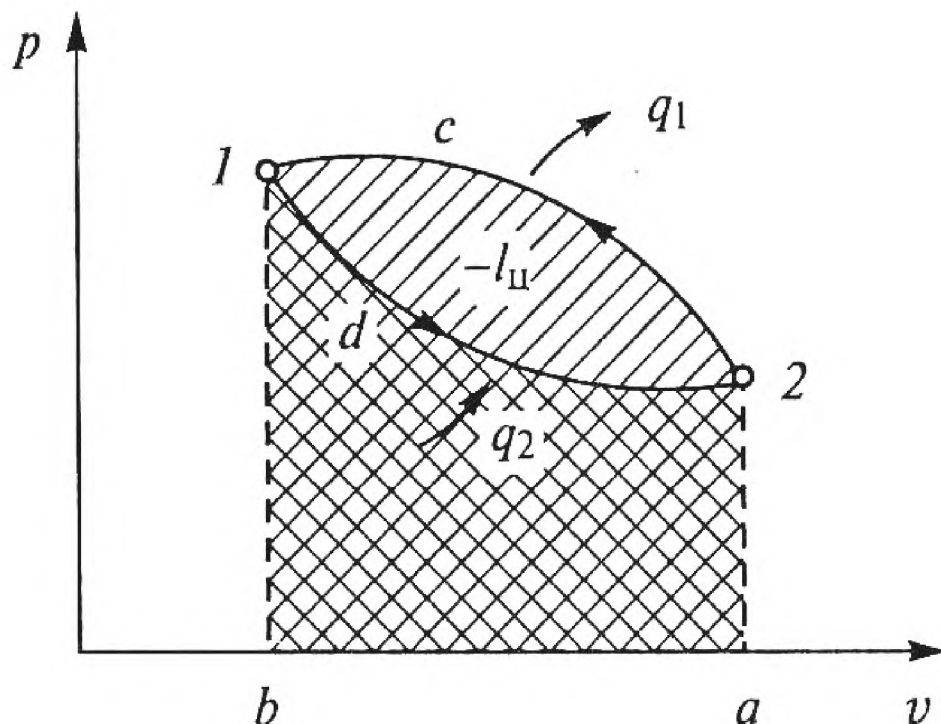


Рис. 2.3 Діаграма найпростішого холодильного циклу

Робоче тіло переносить теплоту q від джерела з низькою температурою до джерела більшої температури. На здійснення такого процесу витрачається робота. В процесі $1-d-2$ робоче тіло розширюється, а в процесі $2-c-1$ стискається. Процес розширення протікає з підведенням теплоти q_2 при температурі нижчій, ніж у навколишньому середовищі, і робоче тіло нагрівається. Стискається робоче тіло

при вищій температурі і під час стискання теплота відводиться у навколишнє середовище – повітря або воду. На здійснення циклу витрачається зовнішня механічна робота, яка в $p-v$ діаграмі відповідає площі, обмеженій лініями процесів, що створюють цикл. Корисна робота циклу дорівнює різниці робіт розширення та стискання:

$$l_{\text{ц}} = l_p - l_{\text{см}}$$

Як видно з діаграми, робота стискання буде більшою за роботу розширення, а робота циклу – від'ємна.

Насправді цикли холодильних машин складніші, ніж розглянутий.

Найбільш досконалим холодильним циклом вважається зворотний цикл Карно. Він складається із двох ізотермічних та двох адіабатичних процесів (рис. 2.4).

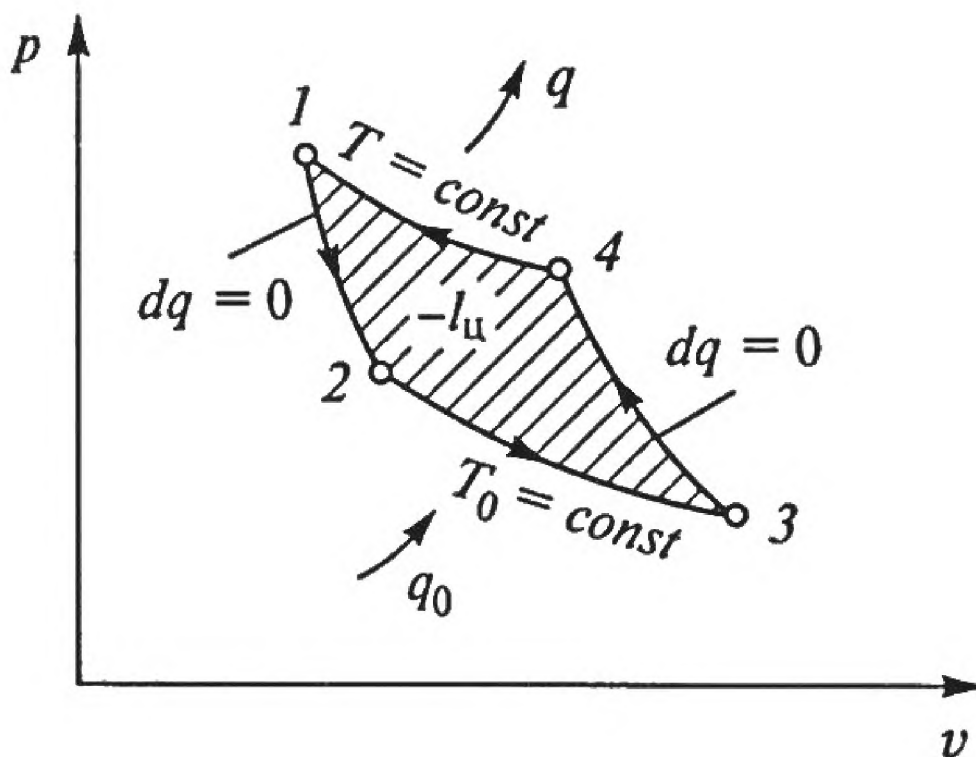


Рис. 2.4 Діаграма зворотного циклу Карно

З точки 1 робоче тіло адіабатно розширюється до стану 2 (процес 1-2) і охолоджується до температури об'єкта охолодження. Подальше розширення (процес 2-3) проходить ізотермічно з підведенням теплоти q_0 до робочого тіла. В процесі 3-4 тіло адіабатно стискається з підвищенням температури від T_0 до T . Подальше стискання відбувається по ізотермі 4-1 з відведенням теплоти q у навколишнє середовище. Робоче тіло повертається у початковий стан.

Цикл Карно як ідеальний цикл передбачає, що температура охолоджувального середовища T_0 не знижується, а температура навколишнього середовища T не підвищується. Крім того T_0 є температурою низького температурного рівня і об'єкта охолодження, а T – високим температурним рівнем і температурою

навколишнього середовища. На практиці температура об'єкта охолодження завжди повинна бути вищою за низький температурний рівень, а температура навколишнього середовища має бути меншою за високий температурний рівень.

Оборотний цикл тим досконаліший, чим більше теплоти q_0 відводиться від об'єкта охолодження і чим менше при цьому затрачається зовнішньої роботи.

Робота компресійної холодильної машини характеризується такими параметрами: холодопродуктивність, питома масова холодопродуктивність та холодильний коефіцієнт.

Холодопродуктивність (Q_0) – це кількість теплоти, яку холодильна машина відводить від об'єкта охолодження за одиницю часу, Дж/с (Вт).

Питома масова холодопродуктивність (q_0) – це кількість теплоти, яка відводиться від об'єкта охолодження одним кілограмом робочого тіла протягом циклу, Дж/кг.

Холодильний коефіцієнт ε – відношення теплоти q_0 , відведеної від тіла, до затраченої роботи. Цей коефіцієнт змінюється від 0 до ∞ і використовується для оцінки ефективності зворотних циклів.

$$\varepsilon = \frac{q_0}{A} = \frac{T_0}{T - T_0}$$

З рівняння видно, що холодильний коефіцієнт зворотного циклу Карно визначається температурами T і T_0 . Холодильний коефіцієнт збільшується зі збільшенням T_0 і зниженням T , тому недоцільно здійснювати охолодження при більш низьких температурах, ніж це потрібно за умовами роботи, і необхідно прагнути, щоб температура, за якої від робочого тіла відводиться теплота, була якомога меншою.

3 Характеристика холодильних агентів

Термодинамічний процес або цикл здійснюється за допомогою холодильного агента (робочого тіла).

При нормальному атмосферному тиску 0,1 МПа холодильний агент повинен мати достатньо низьку температуру кипіння, щоб під час роботи холодильної машини не було розрідження у випарнику. Наприклад, для аміаку NH_3 температура кипіння при 0,1 МПа становить 33,4 °С.

Основними видами холодильних агентів є вода, аміак, фреони та повітря.

Воду використовують в установках кондиціонування повітря та абсорбційних холодильних машинах.

Аміак має невеликий питомий об'єм при температурі кипіння -70 °С, велику теплоту пароутворення, незначну розчинність в мастилі та інші переваги. Його застосовують у поршневих компресійних та абсорбційних холодильних машинах.

Фреони – це галогенопохідні насичених вуглеводнів, які отримують заміною атомів водню в насиченому вуглеводні $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ атомами фтору, хлору, бромю. Фреони є хімічно інертними і практично вибухобезпечними.

Будь-який холодильний агент позначається символами RN , де R – **Refrigerant (охолоджувач, холодильний агент)**, N – номер холодильного агента.

Перша цифра в двозначному номері або перші три цифри в тризначному позначають насичений вуглеводень, на базі якого отримано фреон: 1 – CH₄ (метан); 2 – C₂H₆ (етан); 21 – C₃H₈ (пропан); 31 – C₄H₁₀ (бутан). Праворуч вказують число атомів фтору в хладоні: CFCl₃ – R11, CF₂Cl₂ – R12, C₃F₄Cl₄ – R214, CCl₄ – R10. Якщо у фреоні містяться незаміщені атоми водню, їх кількість додається до числа десятків номера: CHFCl₂ – R21, CHF₂Cl – R22. Якщо до складу фреону входять атоми бромю, після основного номера пишуть букву В, а за нею число атомів бромю: CF₂Br₂ – R12B2.

Робочими тілами можуть бути *азеотропні суміші*, які складаються з двох холодильних агентів. *Азеотропні суміші позначають цифрами, починаючи з 500.* Наприклад, азеотропну суміш з 48,8 % R22 по масі та 51,2 % R115 (C₂F₅Cl) називають хладоном R502, його температура кипіння при 0,1 МПа становить -45,6 °С.

Холодильними агентами неорганічного походження (аміак, вода) присвоюють номери, які дорівнюють їх молекулярній масі, збільшеній на 700. Так, аміак і воду позначають відповідно R717 та R718.

Термодинамічні властивості холодильних агентів. До цих властивостей відносять температуру і тиск кипіння, температуру і тиск конденсації, теплоту пароутворення, об'ємну холодопродуктивність, температуру замерзання.

Температура кипіння хладона в робочому режимі повинна бути достатньо високою, тобто такою, щоб тиск у випарнику перевищував атмосферний. Це дозволить уникнути розрідження у випарнику та проникнення повітря в систему, яке погіршить роботу машини.

Теплота пароутворення та залежна від неї холодопродуктивність повинні бути значними. Це дає змогу зменшити масу холодильного агента в системі. Проте надмірне зменшення кількості хладона в невеликих поршневих холодильних машинах ускладнює автоматичне регулювання їх роботи.

Критична температура холодильного агента повинна бути достатньо високою, що дасть змогу здійснювати процес конденсації при температурі навколишнього середовища і забезпечити більш економічну роботу машини. *Чим вища критична температура хладона, тим менше утворюється парів під час дроселювання в регулювальному вентилі, і тим менші витрати роботи компресора в циклі.*

Фізико-хімічні властивості холодильних агентів включають густину, в'язкість, коефіцієнт теплопровідності, розчинність, хімічна стійкість при контакті з металами, мастилом, повітрям, вологою, вибухобезпечність, займистість.

Ступінь розчинності холодильного агента в мастилі – важлива характеристика, яка суттєво впливає на конструкцію компресора та інших вузлів системи. Чим менше холодильний агент розчиняється в мастилі, тим менше мастила забирається із циліндрів компресора, відсутня піна у випарнику, не змінюється температура кипіння хладона. Проте мастило, яке потрапляє з нерозчинним холодильним агентом в теплообмінні апарати (конденсатор, випарник), осідає на поверхні і погіршує теплопередачу.

Якщо використовувати хладон, розчинний в мастилі, то повернення мастила в компресор спрощується. Крім того, мастило змащує регулятор витрат холодильного агента та інші вентиля в системі, тому **циркуляцію невеликої кількості мастила з хладоном в системі не слід вважати небажаним явищем.**

Холодильні агенти з обмеженою розчинністю – аміак, вода, діоксид вуглецю R44, фреони R13, R14, R115.

Холодильні агенти з необмеженою розчинністю – R11, R12, R21, R40. В цьому випадку для суміші холодильного агента і мастила необхідно підтримувати більш низький тиск кипіння, тому для стискання парів витрачається додаткова робота.

Холодильні агенти з проміжною здатністю розчинятися – R22, R114.

Аміак необмежено розчиняє воду. За невеликої кількості води робота холодильної машини помітно не порушується. Фреони воду майже не розчиняють.

Зайва волога в холодильному агенті під час проходження крізь регулювальний вентиль перетворюється в лід і закупорює дросельний отвір. Для уникнення цього холодильні машини обладнують спеціальними осушувальними пристроями.

За відсутності вологи хладони не взаємодіють з металами.

Аміак не спричиняє корозію сталі. В присутності води він взаємодіє з міддю, цинком, бронзою та іншими мідними сплавами.

Фізіологічні (екологічні властивості) холодильних агентів. Фреони зі значним вмістом атомів фтору або повністю фторовані (R13, R113) безпечні для людини. Фреон R12 на відкритому полум'ї (вище 330 °C) руйнується з утворенням отруйного фосгену, фтористого та хлористого водню.

Вважається, що хлоровмісні холодильні агенти, вивільняючи хлор, руйнують озоновий шар Землі.

Хладони з високою здатністю руйнувати озоновий шар – R12, R13, R113, R500, R502, R503.

Хладони з низькою здатністю руйнувати озоновий шар – R22, R123, R141b, R142b.

Хладони, повністю безпечні для озону – гідрофторвуглеводні ГФУ (R134a, R404a, R143a, R152a), фторовуглеводні ФУ (R23, R32, R116, R218, R318), вуглеводні (R290, R600, R600a), аміак NH₃.

Міжнародними договорами передбачено припинення виробництва і використання до 2000 р. хладонів R11, R12, R113, R114, R115 та інших шкідливих для озону фреонів. Хладони R22, R123, R124, R141, R142 дозволено використовувати як перехідні замість заборонених. Проте і їх слід виключити з використання до 2040 року.

Альтернативними холодильними агентами є **гідрофторвуглеводні та гідрохлорфторвуглеводні**. Вони містять в молекулах атоми водню, тому руйнуються в нижніх шарах атмосфери швидше, ніж **хлорофторвуглеводні**, не досягаючи озонового шару.

Область застосування холодильних агентів. Аміак (NH₃, R717) – один з кращих холодильних агентів, сфера застосування якого розширюється. Він володіє хорошими термодинамічними характеристиками, за об'ємною холодопро-

дуктивністю переважає такі хладони, як R11, R12, R22, R502. *Використовується переважно в середніх та крупних холодильних установках з поршневыми та гвинтовими компресорами при температурі кипіння до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, а останнім часом в машинах з невеликою холодопродуктивністю.*

Недоліком аміаку є токсичність, горючість, вибухонебезпечність при концентраціях у повітрі 16 – 26,8 %. Аміак розкладається в атмосфері впродовж кількох днів.

Хладон R12 (CF_2Cl_2) – один з розповсюджених холодильних агентів, який використовують в компресійних промислових (в т.ч. кондиціонерах) та побутових холодильниках з температурою кипіння не нижче $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ і температурою конденсації не вище $75\text{ }^{\circ}\text{C}$. R12 має підвищену текучість, здатний проникати крізь мікрощілини та пори чавуну. Завдяки такій властивості суміш R12 з мастилом може проникати в простір між деталями, знижуючи тертя та зношення.

Хладон R22 (CHF_2Cl) – використовується в машинах з поршневыми та гвинтовими компресорами, побутових холодильниках. Діапазон температур кипіння від $+10$ до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температурі конденсації не вище $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Холодоносії. Це проміжні речовини між джерелом холоду та об'єктом охолодження. Холодоносії бувають рідкі та тверді.

До рідких холодоносіїв відносять розчини солей – розсоли та однокомпонентні речовини, які замерзають при низьких температурах (етиленгліколь, кремнійорганічна рідина). Використовують водні розчини солей NaCl, MgCl₂, CaCl₂, температура замерзання яких залежить від концентрації. Криогідратна точка для розчину NaCl $-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; MgCl₂ $-33,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; CaCl₂ $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для зниження корозійної дії розсолів на металеві частини обладнання в них додають пасиватори: силікат натрію, хромову сіль, фосфорні кислоти.

Етиленгліколь залежно від концентрації може мати температуру замерзання від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-67,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тверді холодоносії – евтектичний лід, який утворюється при криогідратній температурі. Це суміш льоду і солі з постійною температурою плавлення.

4 Компресори холодильних машин

Компресор – це пристрій, який забирає пари холодильного агента з випарника та направляє їх в конденсатор в стисненому стані. Компресор складається з циліндра, поршня та електродвигуна.

Компресор виконує такі функції:

- відсмоктує пари холодильного агента із випарника, знижуючи в ньому тиск і тим самим підтримуючи низьку температуру кипіння робочого тіла;
- стискає пари холодильного агента;
- нагнітає пари холодильного агента в конденсатор.

При цьому компресор працює як тепловий насос, що відрізняє холодильний компресор від компресорів іншого призначення.

Компресори для холодильної техніки класифікуються по конструкції, принципу роботи, розміщенням привода тощо.

За принципом роботи холодильні компресори поділяються на **поршневі, ротаційні, гвинтові, відцентрові (турбокомпресори), спіральні**. Найбільш розповсюджені поршневі компресори.

У всіх типах компресорів, крім відцентрових пари стискаються в результаті зменшення об'єму (під час руху поршня, обертання ротора, зчеплення двох гвинтів тощо). Їх називають **компресорами об'ємної дії**.

За ступенем герметичності або за розміщенням приводу компресори є:

- **відкриті (або сальникові)**, де компресор і двигун з'єднані пасовою передачею, тобто це компресор із зовнішнім приводом. На кінці вала, що виступає із корпуса є сальникове ущільнення;
- **напівгерметичні (безсальникові)** – електродвигун насаджений на вал компресора;
- **герметичні** – компресор і двигун заварені в один кожух без роз'ємів.

Всі типи компресорів працюють за різним принципом, проте термодинамічні процеси в них ідентичні. Тому робочий процес будь-якого об'ємного компресора можна дослідити на прикладі поршневого компресора, дійсний робочий процес якого найкраще вивчений.

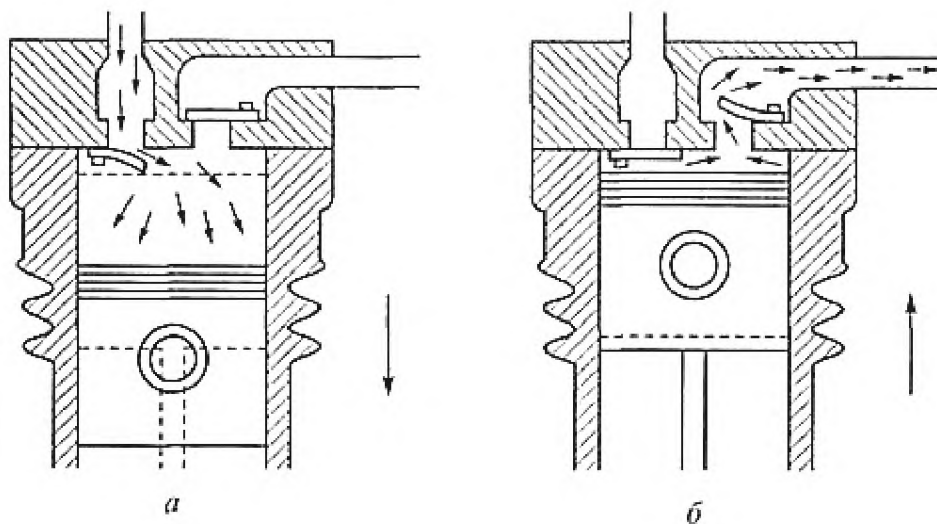


Рис. 2.5 Хід всмоктування (а) та хід стискання (б) в поршковому компресорі

Пари холодильного агента в найпростішому поршковому компресорі стискаються під дією поршня, який здійснює зворотно-поступальний рух в циліндрі (рис. 2.5).

Поршень приводиться в рух від колінчатого вала і здійснює по черзі ходи всмоктування та стискання в циліндрі, який обладнано всмоктувальним та нагнітальним клапанами. Вони відкриваються і закриваються в результаті перепаду тиску між робочою зоною компресора і простором за клапаном.

Для відкривання всмоктувального клапана тиск в циліндрі повинен бути меншим, ніж у випарнику, з якого в циліндр надходять нові порції парів хладону.

Нагнітальний клапан відкривається тоді, коли тиск в циліндрі перевищить тиск в конденсаторі.

Для відведення теплоти від циліндрів, які сильно нагріваються під час стискання парів, поршневі компресори обладнані ребрами (при охолодженні повітрям) або сорочками (при охолодженні водою). Через сорочки пропускають воду, а ребра за рахунок збільшення поверхні теплообміну більш інтенсивно віддають теплоту в навколишнє середовище. Повітряне охолодження використовують в малих компресорах, в інших – примусове водяне охолодження.

Мертвий простір. Під час роботи компресора поршень і шатун нагріваються та подовжуються. Щоб не відбувся удар поршня об кришку циліндра, між поршнем у крайньому верхньому положенні та кришкою циліндра залишають зазор – "мертвий" або "шкідливий" простір. Чим він більший, тим менше нових парів холодильного агента всмоктується в циліндр.

Основні вузли та деталі поршневих компресорів

Основними елементами конструкції поршневих компресорів є: картери, (блок-картери), циліндри, поршні, колінчаті або ексцентрикові вали, шатуни, клапани, сальники та пристрої для змащення.

Картер – конструктивна основа машини, яка об'єднує її окремі частини. Картер має вигляд полої відливки з вікнами для монтажу, гніздами для підшипників та пристроями для кріплення деталей. Для зменшення кількості роз'ємів та збільшення герметичності циліндри відливають разом з картерами. Така конструкція називається **блок-картер**.

Картери виготовляють з чавуну, сталі та сплавів алюмінію. Внутрішній простір картерів (нижня частина) слугує ємністю для заливання в компресор мастила.

Циліндри – найбільш відповідальна частина компресорів, оскільки в них відбувається робочий процес (всмоктування, стискання та нагнітання). Циліндри виготовляються як окремі блоки або у вигляді спільного блока з картером.

В циліндри блок-картера впресовують змінні гільзи, які можна замінити при зношуванні.

Циліндри і гільзи виготовляють з чавуну. Для зменшення тертя під час руху поршнів та створення ущільнення циліндри шліфують.

Поршні – виготовляють із чавуну або алюмінієвого сплаву. В невеликих холодильних компресорах встановлюють поршні т.з. тронкового типу – суцільна пола конструкція у вигляді перевернутого стакана. У верхній частині поршнів проточені канавки для поршневих кілець. Як правило є три канавки: дві верхні – для кілець ущільнення, одна нижня – для кільця, який знімає мастило.

Вали – в невеликих компресорах застосовують колінчаті та ексцентрикові вали. Кривошипні вали встановлені в герметичних компресорах.

Шатуни – передають рух від колінчатого вала поршням.

Всмоктувальні та нагнітальні клапани – виконують розподільну функцію в компресорі. Через всмоктувальні клапани пари холодильного агента всмоктуються в циліндр компресора, а через нагнітальні відбувається виштовхування стиснених парів в нагнітальний трубопровід. В поршневих холодильних компре-

сорох клапани відкриваються і закриваються внаслідок різниці тисків навколо них.

Запобіжні клапани – дозволяють уникнути аварії у разі перевищення тиску нагнітання. При перевищенні допустимої різниці тисків нагнітання і всмоктування ($\Delta P = 1,68$ МПа) запобіжні клапани пропускають стиснену пару із нагнітального простору у всмоктувальний. Застосовують пружинні запобіжні клапани. Коли різниця тисків перевищує допустиму, пружина стискається, клапан відкривається і нагнітальна сторона компресора з'єднується з всмоктувальною.

Сальники – спеціальні пристрої для ущільнення рухомих деталей (наприклад валів) для запобігання витікання рідини, парів або газів. В малих та середніх відкритих компресорах сальники ущільнюють приводний кінець колінчатого вала в місці виходу його з картера.

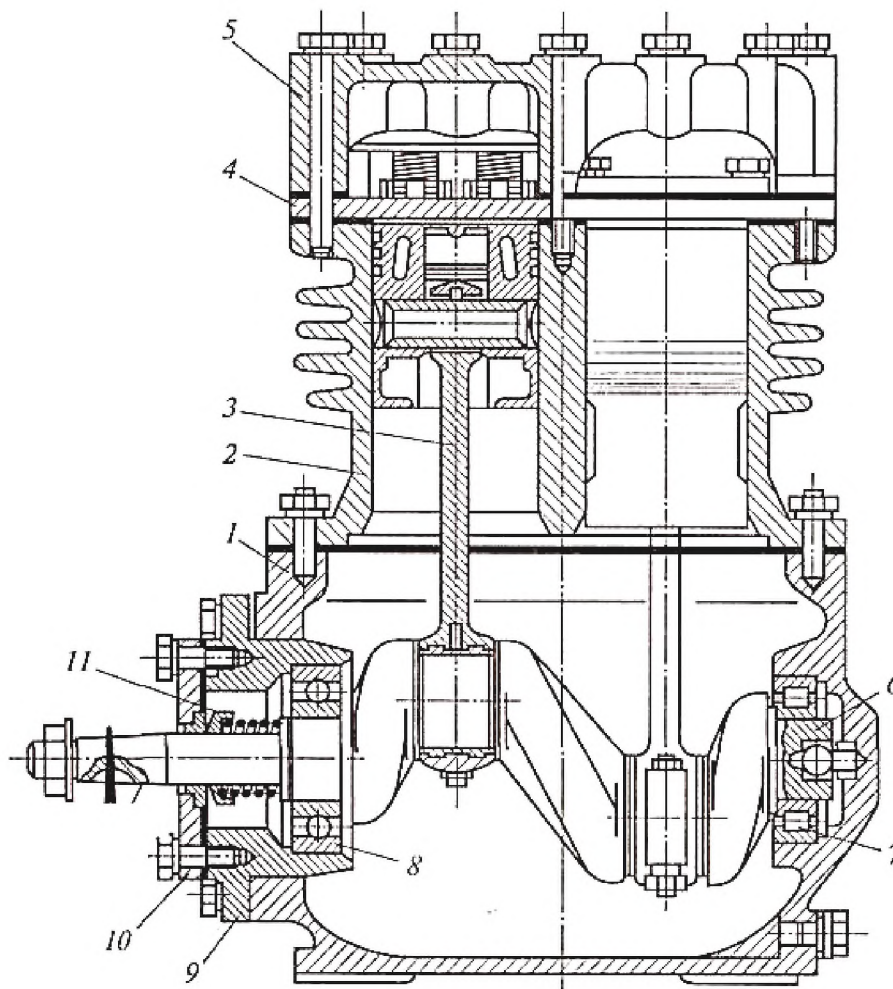


Рис. 2.6 Схема відкритого сальникового компресора (ФВ-6)

- 1 – картер; 2 – блок циліндрів; 3 – шатун з поршнем; 4 – клапанна поверхня;
5 – кришка циліндрів; 6 – колінчатий вал; 7, 8 – підшипники;
9 – корпус підшипників; 10 – передня кришка; 11 – сальник

Конструкції поршневих компресорів

За холодопродуктивністю поршневі компресори поділяються на *мали* (Q_0 до 12 кВт), *середні* (Q_0 12–120 кВт) та *великі* (Q_0 більше 120 кВт).

За видом холодильного агента розрізняють *аміачні, фреонові та універсальні компресори*.

Відкриті (сальникові) компресори. До недавнього часу компресори даного типу були широко розповсюджені. Однак з появою безсальникових і герметичних компресорів сальникові компресори стали застосовувати рідше.

Даний компресор (рис. 2.6) призначений для роботи у складі стаціонарних компресорно-конденсаційних агрегатів, транспортних установках та системах кондиюнування повітря. Холодопродуктивність сальникових компресорів знаходиться в межах 2,2 – 61,5 кВт залежно від виду холодильного агента і температури його кипіння.

Вразливим вузлом сальникових компресорів є ущільнення колінчатого валу, крізь яке відбуваються втрати холодильного агента, особливо в малих фреонових компресорах.

Безсальникові (напівгерметичні) компресори. Ці компресори разом з герметичними є сьогодні домінуючими.

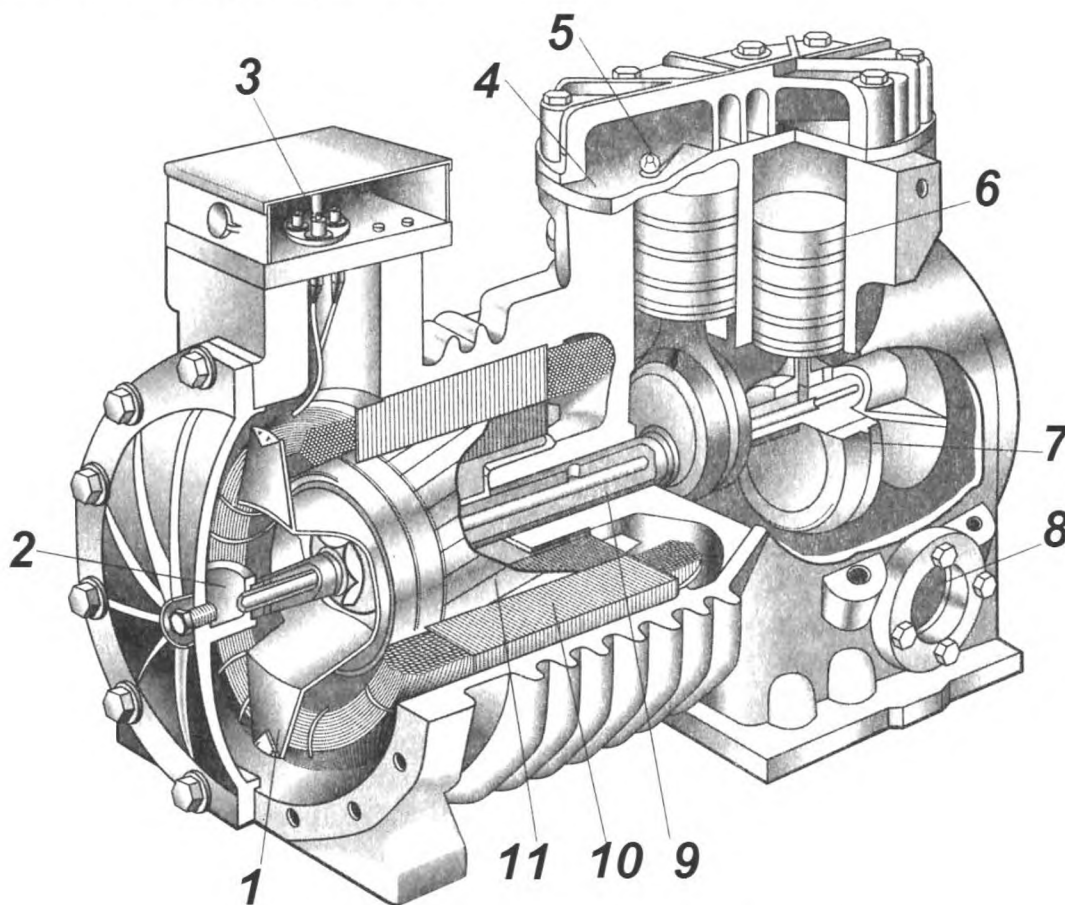


Рис. 2.7 Напівгерметичний компресор

- 1 – розбризкувач масла; 2 – масляний кран; 3 – прохідний контакт; 4 – клапанна плита;
5 – нагнітальний клапан; 6 – поршень; 7 – шатун; 8 – оглядове скло;
9 – ексцентриковий вал; 10 – статор електродвигуна; 11 – ротор електродвигуна

Напівгерметичні компресори надійніші в експлуатації, ніж сальникові: можуть працювати при підвищеній частоті обертання валу; мають більше потужність, оскільки електродвигун охолоджується парами холодильного агента; мають

кращі віброакустичні показники (менше шуму та вібрацій), менші габарити (\approx в 1,5 рази), менша маса (\approx на 40 %); вартість встановлення та обслуговування також менша, ніж у сальникових компресорах.

Безсальникові компресори призначені для роботи з холодильними агентами, які не руйнують мідну обмотку статора електродвигуна.

Компресор разом з електродвигуном розміщені в спільному кожусі, а ротор електродвигуна закріплено консольно безпосередньо на валу компресора, що полегшує монтаж і демонтаж.

В компресорі відсутній сальник, який є джерелом витікання мастила та холодильного агента.

Для доступу до електродвигуна та механізму компресора корпус має знімні кришки.

Холодопродуктивність напівгерметичних компресорів знаходиться в межах 8,6 – 24,5 кВт при температурі кипіння холодильного агента $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Герметичні компресори. За принципом дії герметичні компресори поділяються на поршневі зі зворотно-поступальним рухом робочого органа (поршня) та **ротаційні з обертовим рухом ротора**. Герметичні компресори мають холодопродуктивність до 10 кВт.

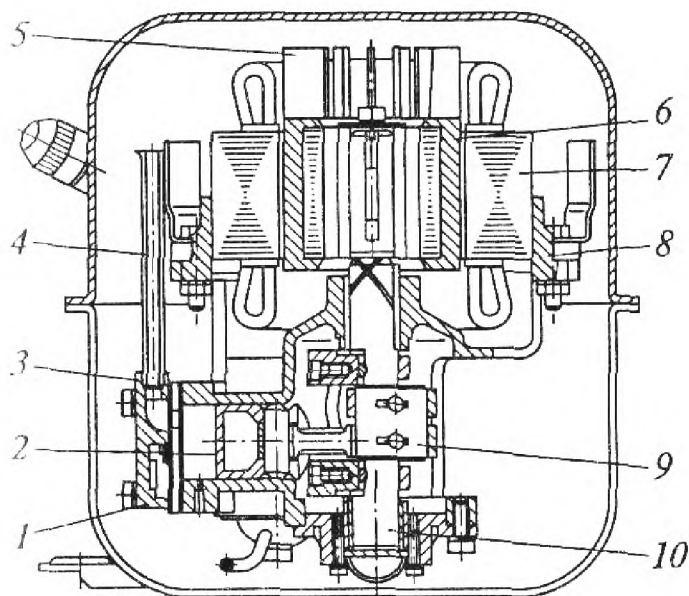


Рис. 2.8 Схема герметичного компресора

1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – кришка циліндра; 4 – всмоктувальний патрубок;
5 – крильчатка ротора; 6 – ротор електродвигуна; 7 – обмотка статора; 8 – статор;
9 – підшипник шатуна; 10 – ексцентриковий вал

Герметичні компресори виготовляють для трьох різних діапазонів температур кипіння холодильного агента: **С** – *середньотемпературні* (від -25 до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$); **Н** – *низькотемпературні* (від -40 до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$); **В** – *високотемпературні* (від -10 до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Компресори С використовують в торговому холодильному устаткуванні та побутових холодильниках.

Компресори Н використовують в низькотемпературному холодильному обладнанні та невеликих морозильних пристроях.

Компресори В використовують для кондиціонерів, охолоджувачів напоїв, соків, молока та інших продуктів.

Герметичні компресори мають багато переваг, порівняно з відкритими компресорами.

В герметичному компресорі відсутній сальник, котрий є найуразливішим місцем машини – через нього можливі витікання холодильного агента в процесі експлуатації. Ротор герметичного компресора насаджено безпосередньо на вал двигуна, що робить компресор швидкохідним, а це, в свою чергу, дає змогу зменшити діаметр циліндрів, а отже, знизити масу і габарити герметичних компресорів зі збереженням такої ж продуктивності.

В машинах з герметичними компресорами кількість холодильного агента в системі можна зменшити, оскільки запас хладону в системі для компенсації витікань непотрібен. Витрати холодильного агента зменшуються, тому що відпадає необхідність періодичного заправлення системи. В герметичних компресорах є можливість охолоджувати обмотку електродвигуна потоком парів хладону, що дає змогу підвищити навантаження на електродвигун, зменшити його масу і габарити.

Герметичні машини майже безшумні в роботі, їх малі розміри дають змогу збільшити корисний об'єм холодильного обладнання, зменшити розміри торгових автоматів і застосовувати для кондиціонування повітря.

Недоліком герметичного агрегату є те, що при виникненні несправностей він, як правило, не підлягає ремонту.

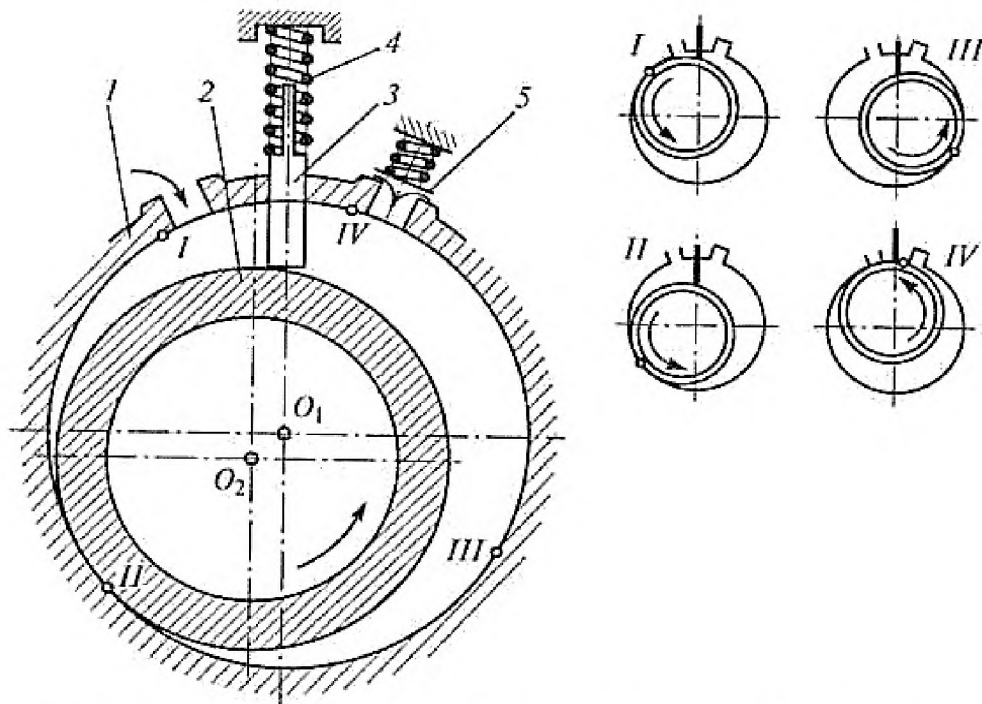


Рис. 2.9 Схема ротаційного компресора та фази його роботи

1 – циліндр; 2 – ротор; 3 – лопать; 4 – пружина; 5 – нагнітальний клапан

Ротаційні компресори. В холодильних агрегатах торгового обладнання, яке працює в середньо- і високотемпературних режимах, використовують ротаційні компресори з обертовим ротором (рис. 2.9).

Ротор 2, який виконує роль поршня, ексцентрично розміщений в циліндрі 1 (вісь циліндра не співпадає з віссю ротора) і приводиться в рух ексцентриком вертикального вала, розміщеного в корпусі циліндра.

Оскільки вісь ротора зміщена відносно осі циліндра, то між циліндром і ротором утворюється серпоподібний простір, положення якого постійно змінюється залежно від кута повороту ротора. Цей простір розділено пластиною (лопатю) 3, яка щільно притискається пружиною 4 до ротора, на дві ізолювані частини – всмоктувальну та нагнітальну. За один оберт ексцентрикового вала здійснюється повний цикл роботи компресора:

– всмоктування парів холодильного агента в простір перед роботом, коли тиск у ній стає приблизно на 5-10 кПа нижче, ніж у випарнику;

– стискання парів в просторі за ротором до тиску, який дещо перевищує тиск в конденсаторі;

– нагнітання парів у конденсатор.

Таким чином, *цикли всмоктування та нагнітання відбуваються одночасно.*

Переваги ротаційних компресорів у порівнянні з поршневиими:

- простота конструкції;

- відсутність всмоктувальних клапанів;

- краща врівноваженість;

- надійність в експлуатації;

- менша залежність продуктивності від температури конденсації.

Ротаційні компресори мають холодопродуктивність 0,25 – 5,6 кВт.

Виготовлення і ремонт ротаційних компресорів потребує високої кваліфікації, оскільки високий ККД цих машин можливо забезпечити лише при точному дотриманні мінімальних зазорів між ротором і циліндром (0,04 – 0,1 мм).

В ротаційному компресорі з одним ротором відбувається швидке зношування лопті з пружиною. Для покращення надійності та ефективності розроблені ротаційні компресори з двома роторами. За рахунок урівноваження навантажень на вал підвищується термін експлуатації та надійність.

Гвинтові компресори. Основу гвинтових компресорів складають два ротора з зубчато-гвинтовими лопатями – ведучого та веденого (рис. 2.10).

Під час проходження біля всмоктувального вікна гвинтові заглибини роторів заповнюються газоподібним хладоном. При подальшому обертанні роторів газ стискається, оскільки зубці одного ротора входять в заглиблення іншого, при цьому зменшується об'єм, який займає газ. В кінці стискання заглибини зі стисненим газом об'єднуються з нагнітальним вікном. Гвинтове розміщення на роторах кількох заглибин забезпечує безперервну подачу газу компресором. Частота обертання ведучого ротора становить 50 с^{-1} .

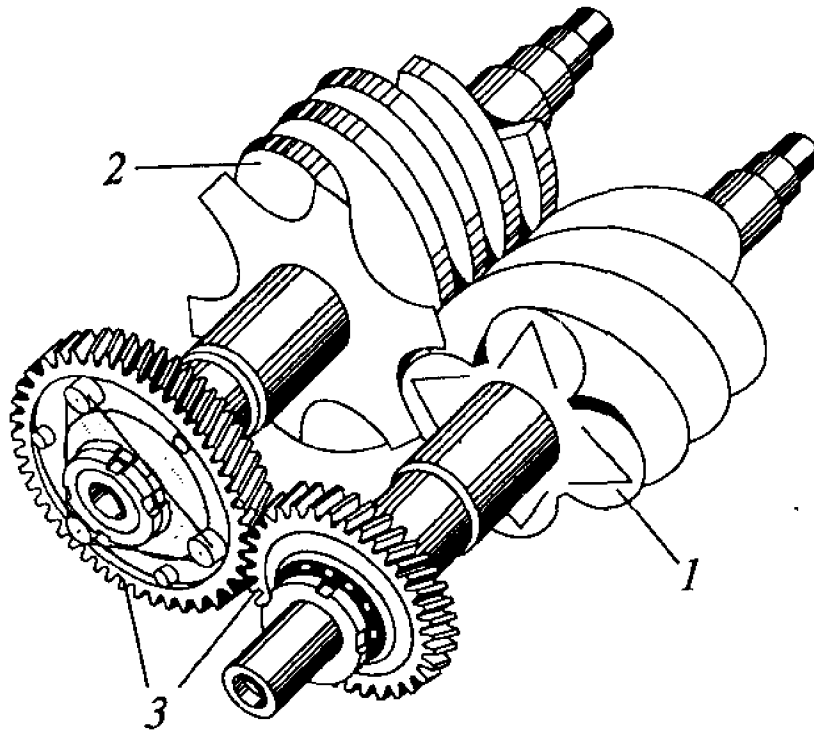


Рис. 2.10 Ротори гвинтового компресора

1 – ведучий ротор з чотирма зубцями; 2 – ведений ротор з шістьма заглибинами;
3 – синхронізуючі шестерні

Гвинтові компресори надійні в експлуатації, їх холодопродуктивність регулюється більш рівномірно. Вони мають невеликі габаритні розміри та масу порівняно з поршневыми та ротаційними компресорами.

Гвинтові компресори широко використовують в низькотемпературних холодильних установках. Доцільно використовувати аміачні гвинтові компресори з холодопродуктивністю 350–1745 кВт. При меншій продуктивності вони втрачають переваги перед поршневыми компресорами по масі та габаритним розмірам.

5 Теплообмінні апарати холодильних машин

Основне призначення теплообмінних апаратів холодильних машин – передача теплоти від одного робочого середовища (газ, рідина) до іншого. Перехід теплоти може відбуватися через розподільну поверхню або при безпосередньому контакті робочих середовищ.

До складу обов'язкових компонентів парокompресійних холодильних машин відносяться два теплообмінні апарати – випарник і конденсатор.

5.1 Випарники

Випарник – це теплообмінний апарат, в якому за рахунок кипіння холодильного агента теплота відводиться від об'єкта охолодження.

В торговому холодильному устаткуванні розповсюджені випарники, які охолоджують повітря, з *примусовою та природньою* циркуляцією повітря.

Випарники з примусовою циркуляцією повітря називаються повітроохолоджувачами. Вони на сьогодні переважають у малих та великих холодильних установках.

За конструкцією випарники поділяються на *ребристотрубні, листотрубні та гладкотрубні*.

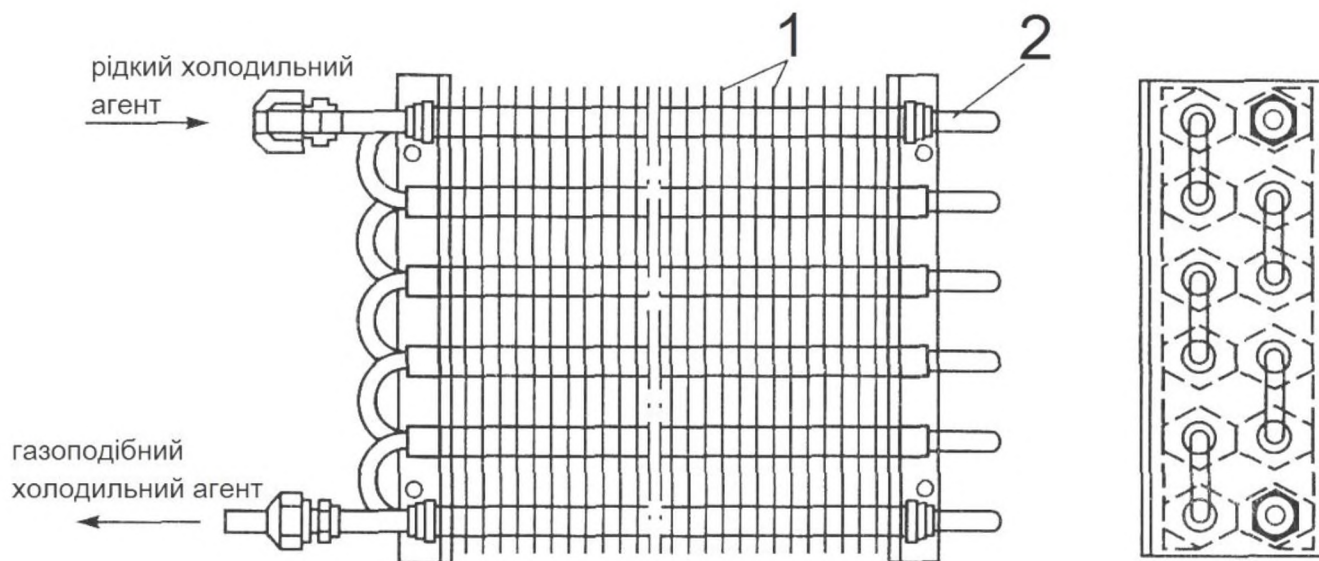


Рис. 2.11 Ребристо-трубний випарник

1 – ребра; 2 – труба

В ребристотрубних повітроохолоджувачах холодильний агент кипить в оребрених трубах, абсорбуючи теплоту з повітря, яке продувається вентилятором крізь випарник.

Оребрення труб буває: пластинчасті ребра, насаджені на труби; ребра, навиті у вигляді стрічок; ребра, накатані на поверхні труб.

Листотрубні випарники для льодогенераторів виготовляють із листів нержавіючої сталі, які з'єднані за допомогою шовного зварювання. На одному із листів проштамповані канали для потоку холодильного агента.

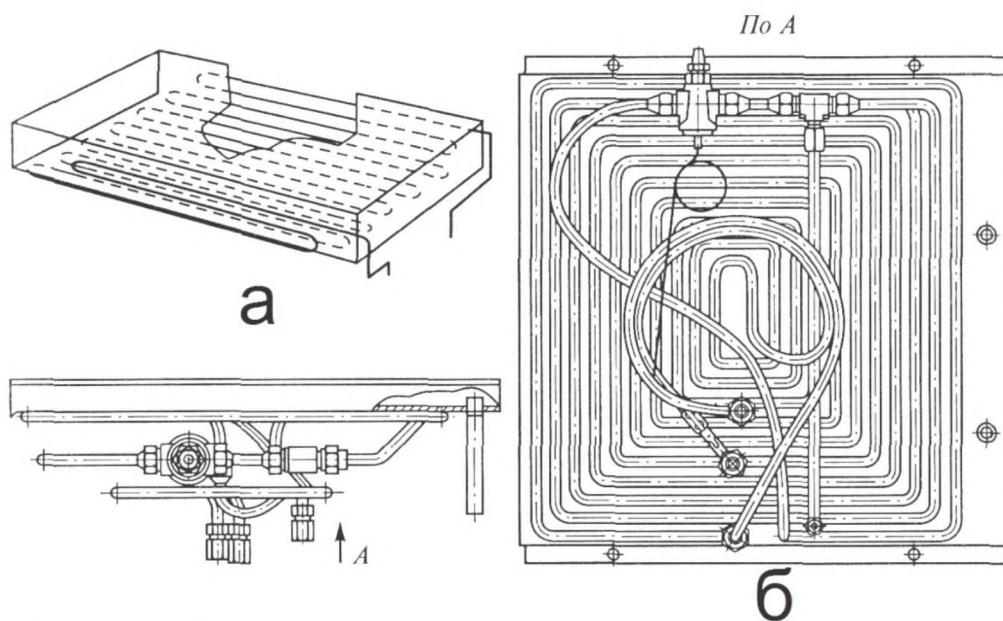


Рис. 2.12 Листотрубні випарники для прилавоків-вітрин (а) та льодогенератора (б)

В окремих випадках застосовують *гладкотрубні випарники* різноманітних розмірів, форм і конструкцій. Найбільш розповсюдженим є плоский або овальний змійовик.

Великі підвісні гладкотрубні випарники з природньою циркуляцією використовують в низькотемпературних холодильних камерах, в яких необхідно, щоб повітря рухалося з невеликою швидкістю.

За способом руху холодильного агента випарники поділяються на *сухі (змійовикові)* та *затоплені*.

В змійовиковий випарник холодильний агент подається згори та рухається донизу. При цьому способі легко здійснюється повернення масла в компресор і необхідно менше холодильного агента для заправки системи. Проте в цій конструкції коефіцієнт теплопередачі дещо менший.

В затоплених випарниках хладон подається знизу. При цьому випарник працює більш ефективно, проте повернення масла в компресор відбувається важче, і потрібно більше холодильного агента в системі.

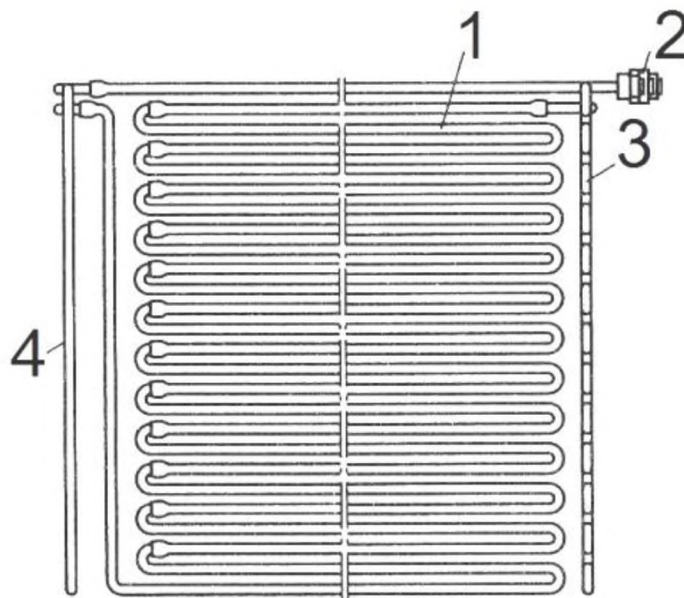


Рис. 2.13 Гладкотрубний випарник

1 – середній змійовик; 2 – штуцер;
3 – правий змійовик; 4 – лівий змійовик

Незважаючи на те, що *змійовикові випарники менш ефективні з точки зору теплопередачі*, названі переваги, а також відносна дешевизна і простота виготовлення зумовлюють їх поширеність у малих та середніх холодильних установках.

Передача теплоти від охолоджуваного об'єму до холодильного агента у випарнику відбувається в два етапи: спочатку теплота сприймається металевими стінками випарника, а потім передається від стінок до холодильного агента.

В більшості холодильних установок застосовують примусове обдування випарника, що збільшує його холодопродуктивність більш ніж у 20 разів порівняно з випарниками з природньою циркуляцією.

Ефективність передачі теплоти до холодильного агента є важливим чинником у роботі холодильної машини, і залежить від таких факторів:

- площа поверхні випарника;
- різниця температур між навколишнім повітрям і поверхнею випарника;
- різниця температур між охолоджуваним середовищем і киплячим холодильним агентом;
- швидкість руху потоку повітря біля поверхні випарника;
- швидкість руху потоку холодильного агента в трубах випарника (чим більша швидкість, тим більша інтенсивність теплопередачі);
- теплопровідність метала, з якого виготовлено випарник;
- відношення площі поверхні труб до площі поверхні ребер випарника;
- товщина шару інею на поверхні випарника;
- наявність масляної плівки на внутрішніх поверхнях труб змійовика.

Способи відтаювання випарників

Під час роботи холодильної машини на зовнішній поверхні випарника, в тому числі на ребрах і трубках, при температурі нижче 0°C утворюється шар інею, який необхідно періодично видаляти. *Присутність інею зумовлює різке зниження холодопродуктивності внаслідок таких причин:*

- іній володіє термічним опором і на 15...20 % знижує коефіцієнт теплопередачі, внаслідок чого погіршуються економічні показники роботи холодильної машини;
- через зменшення прохідного перетину повітряного потоку знижуються витрати повітря, яке проходить крізь випарник, а відповідно і коефіцієнт теплопередачі.

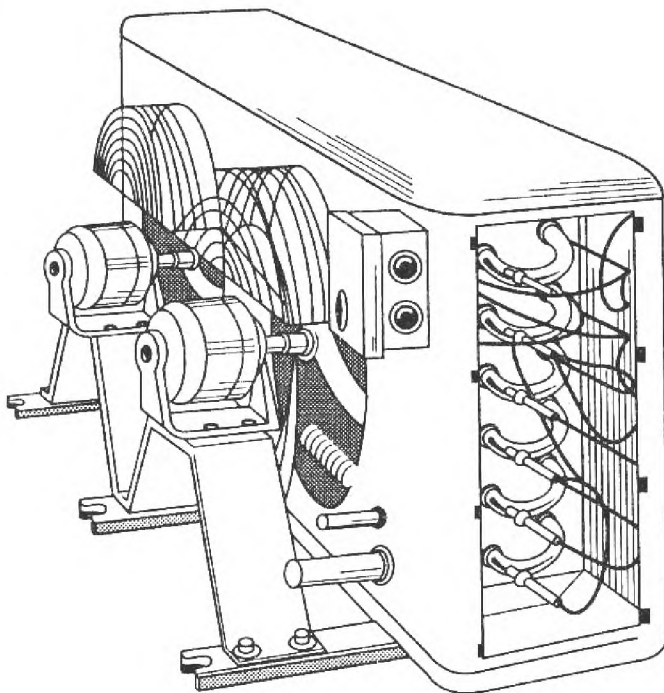


Рис. 2.14 Повітроохолоджувач з відтаюванням за допомогою електричного нагрівання (нагрівальні елементи розміщені в трубах)

Способи видалення інею можуть бути *природними і примусовими*.

Природний спосіб відтаювання здійснюється ручною зупинкою машини. За рахунок зовнішнього надходження теплоти випарник нагрівається, а іній на його поверхні тане. Потім холодильну машину знову вмикають вручну.

Для автоматичного відтаювання використовують різні програмні пристрої і таймери для вимкнення холодильної установки через рівні проміжки часу. Число і тривалість періодів відтаювання задається для кожної установки індивідуально.

Тривалість відтаювання повинна бути такою, щоб установка починала працювати якомога швидше після відтаювання. Це досягається при використанні схеми, коли від температурного датчика наприкінці циклу відтаювання подається сигнал про підвищення температури поверхні випарника вище точки танення інею.

В малих та середніх холодильних установках широко застосовується **відтаювання випарників за допомогою електричного підігрівання** (рис. 2.14). Часто для цього використовують трубчасті (ТЕН) або стрічкові електричні нагрівачі, потужність яких знаходиться в межах від 1200 до 1800 Вт.

Увімкнення системи відтаювання, як правило, здійснюється таймером, а зупинка – за командою термореле випарника.

Недоліком такого способу відтаювання є збільшення затрат енергії на танення льоду і для подальшого охолодження камери. **Основна перевага** способу – простота.

Існує альтернативний спосіб **відтаювання – за допомогою гарячих парів холодильного агента, які нагнітаються безпосередньо у випарник** (рис. 2.15)

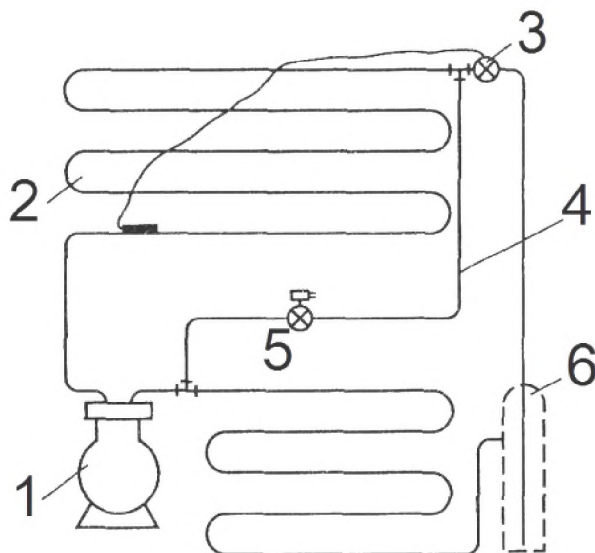


Рис. 2.15 Схема відтаювання гарячими парами холодильного агента
1 – компресор; 2 – випарник; 3 – терморегулюючий вентиль; 4 – лінія гарячого холодильного агента; 5 – електромагнітний вентиль; 6 – ресивер

Даний спосіб більш економічний, проте для направлення потоку холодильного агента з конденсатора у випарник потрібно використовувати соленоїдні вентилі, зворотні клапани або ж перемикачі потоку. Ще одним недоліком цього способу є ризик пошкодження компресора рідким холодильним агентом, який надходить на початку чи наприкінці циклу відтаювання. Для усунення цього недоліку встановлюють спеціальні засоби для повторного випаровування холодильного агента. Це ускладнює схему машини та знижує її надійність.

Система "No Frost" ("Без інею"). Дана система автоматичного відтаювання використовується в побутових холодильниках. Випарник розміщується за задньою стінкою холодильної камери або у верхній її частині. Спеціальний вентилятор створює всередині камери циркуляцію холодного повітря, яке

рівномірно розподіляється і виносить вологу до випарника за межі камери, де і відбувається утворення інею. Приблизно 2-3 рази на добу вентилятор зупиняється і вмикаються нагрівальні елементи випарника. Іній тане, вода стікає в спеціальний піддон і випаровується.

Робота системи "No Frost" призводить до збільшення енергоспоживання холодильної машини та зменшення корисної площі морозильної камери приблизно на 20 дм³. Недоліком даної системи є також залежність ефективності розподілення холодного повітря в камері від ступеня завантаження продуктами.

При використанні системи "No Frost" продукти висихають швидше, тому їх рекомендується зберігати в закритому вигляді.

На рис. 2.16 зображено схему руху повітря та розміщення робочих частин морозильної камери з системою "No Frost". Стрілки вказують напрям руху повітря в камері.

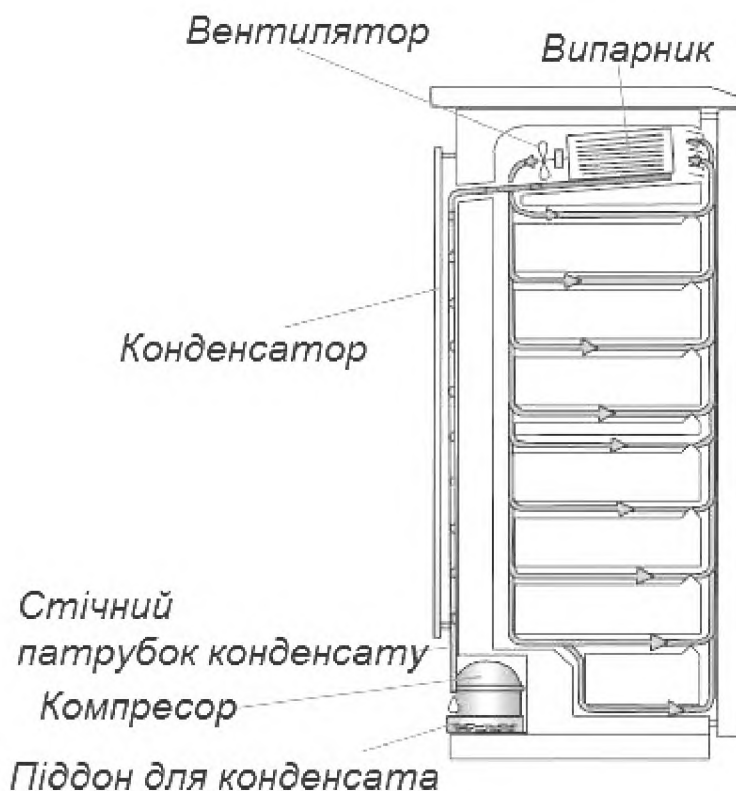


Рис. 2.16 Схема морозильної камери з системою "No Frost"

5.2 Конденсатори

Конденсатор – це теплообмінний апарат, призначений для відведення теплоти, яку холодильний агент сприйняв від продукту, а також теплоти, еквівалентній роботі стискання в компресорі.

В результаті передачі теплоти охолоджуючому середовищу стиснені пари холодильного агента охолоджуються до температури конденсації, а потім при подальшому відведенні теплоти конденсуються.

За типом охолоджуючого середовища конденсатори поділяються на чотири групи:

- з повітряним охолодженням;
- з водяним охолодженням;
- з повітряноводяним охолодженням;
- з охолодженням киплячим холодильним агентом або технологічною рідиною.

За характером руху охолоджувального середовища конденсатори поділяють на групи:

- з природньою циркуляцією охолоджувального середовища;
- з примусовою циркуляцією охолоджувального середовища;
- зі зрощенням охолоджувальною рідиною.

Конденсатори з повітряним охолодженням. Конденсатори такого типу мають вигляд одного чи декількох рядів плоских вертикальних змійовиків із сталевих або мідних труб, на яких закріплені пластинчасті ребра.

Конденсатори з повітряним охолодженням для малих і середніх холодильних установок класифікують:

- **за типом циркуляції повітря** – з природною та примусовою циркуляцією;
- **за рухом холодильного агента в секціях конденсатора** – з послідовним, паралельним та послідовно-паралельним рухом;
- **за місцем встановлення** – вбудовані (встановлюються на рамі агрегата поруч з компресором) і виносні (встановлені окремо від компресора);
- **за видом поверхні теплопередачі** – гладкотрубні і ребристотрубні.

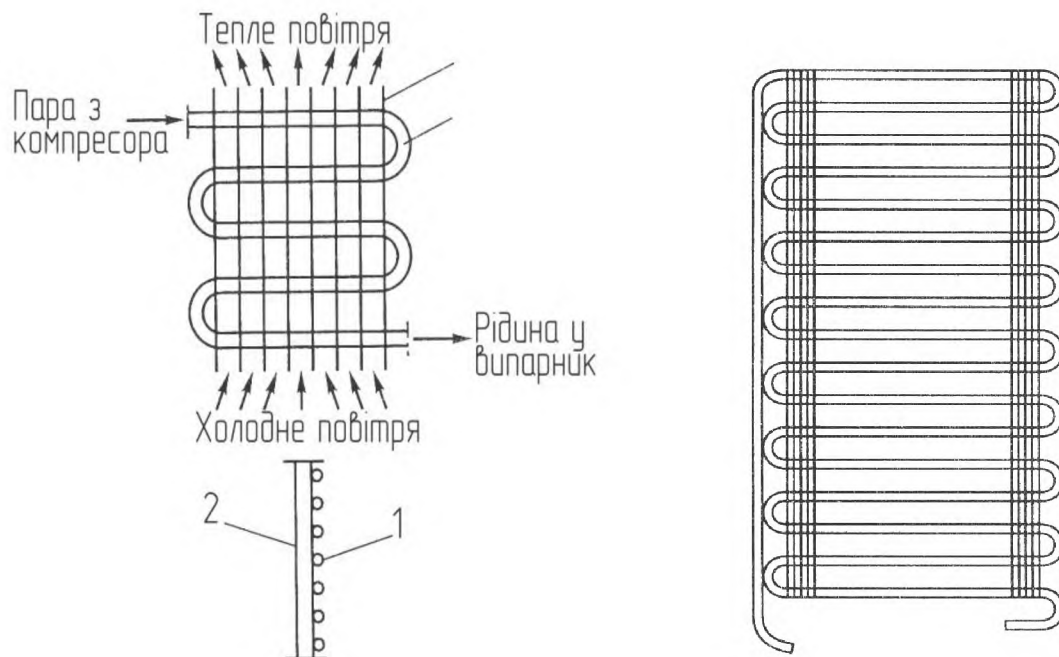


Рис. 2.17 Ребристо-трубний (ребристо-змійовиковий) конденсатор з вільним рухом повітря

1 – сталеві ребра; 2 – змійовик

Торгове холодильне обладнання і побутові холодильники, як правило, оснащені холодильними машинами з повітряним охолодженням конденсаторів.

Конденсатори з природною циркуляцією повітря використовують в агрегатах з холодопродуктивністю до 200 Вт. За конструкцією ці конденсатори мають вигляд плоского змійовика, до якого з обох сторін приварені ребра (рис. 2.17). Змійовик виготовлено зі сталевий тонкостінної трубки діаметром 4,75 ... 6,00 мм, а ребра – зі сталевого дроту діаметром 1,5 ... 1,6 мм. Крок трубок змійовика становить 40 ... 60 мм, ребер – 6...9 мм.

В малих холодильних установках для підприємств торгівлі та закладів ресторанного господарства, в машинах середньої продуктивності тощо конденсатори охолоджуються потоком повітря, який створюється спеціальним вентилятором (рис. 2.18).

Головний фактор, який впливає на роботу конденсатора з повітряним охолодженням та холодильного агрегата є температура навколишнього повітря, величина якої визначає температуру конденсації – важливого параметра роботи холодильної машини.

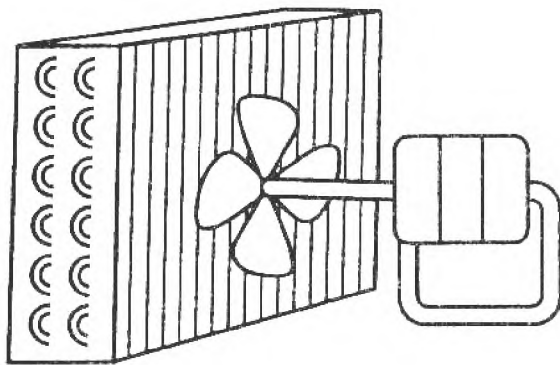


Рис. 2.18 Конденсатор з примусовою циркуляцією повітря

Основні вимоги до повітряних конденсаторів:

1) крок між ребрами повинен бути не менше 2,5 мм для попередження швидкого засмічення міжреберної поверхні;

2) потужність та габарити вентилятора повинні обмежуватись шумовими характеристиками;

3) температурний напір між температурою конденсації та вхідного повітря обмежується потужністю компресора.

Конденсатори з водяним охолодженням використовують в холодильних установках з підвищеними вимогами щодо безшумності та в тих випадках, коли є доступ до дешевої води. Водяні конденсатори компактні, більш легкі та створюють менше шуму під час роботи, оскільки не мають вентилятора. Існує декілька типів конструкцій конденсаторів.

В малих та середніх холодильних установках застосовують двотрубні ("труба в трубі") та кожухозмійовикові конденсатори.

Кожухозмійовиковий конденсатор складається з одного або декількох гладкотрубних або оребрених мідних змійовиків, які розміщені в зварному сталевому кожусі. Охолоджувальна вода циркулює через змійовики, а хладон – через кожух.

Типовою конфігурацією двохтрубного конденсатора є спіральний або овальний конденсатор (рис. 2.19, 2.20).

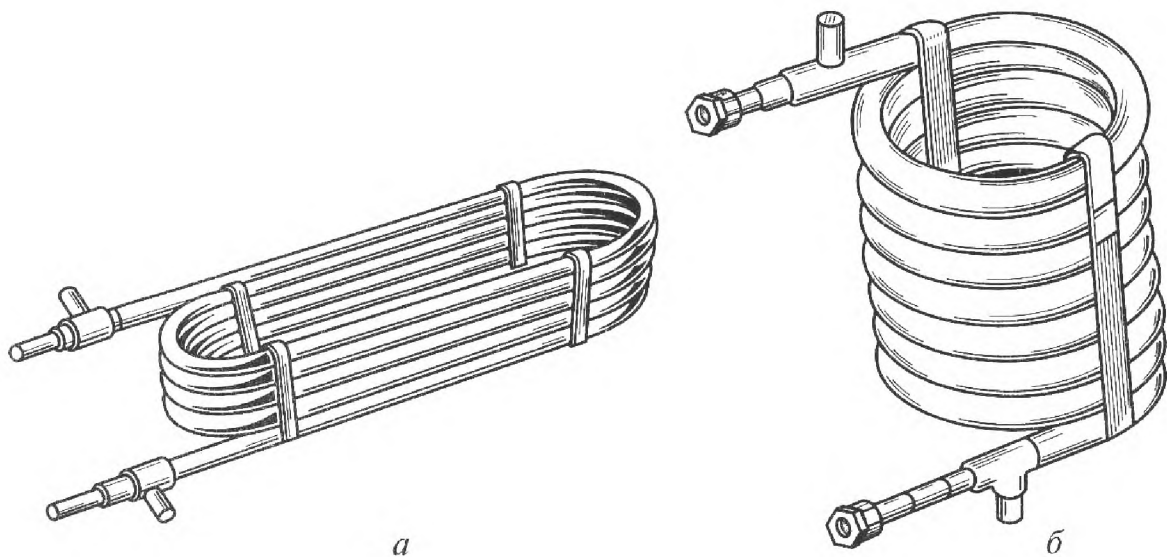


Рис. 2.19 Типові конфігурації двотрубних конденсаторів
а – овальний; *б* – спіральний

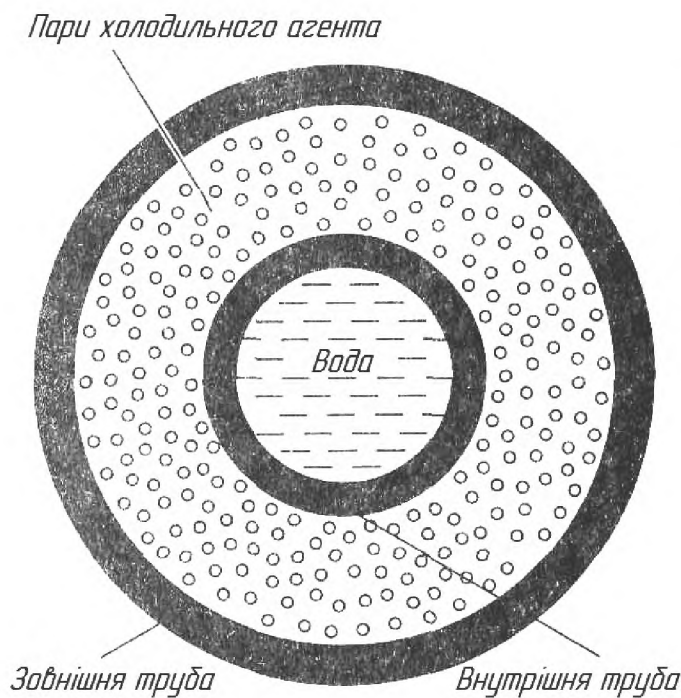


Рис. 2.20 Поперечний розріз конденсатора типу
 "труба в трубі"

Двотрубний конденсатор складається з двох труб, які змонтовані одна в одній. Вода проходить через внутрішню трубу, а холодильний агент циркулює у зворотному напрямі в кільцевому просторі між внутрішньою та зовнішньою трубами. У випадку протитоку створюється максимальна середня різниця температур між середовищами, а отже, і максимальна інтенсивність теплопередачі.

Умови роботи конденсаторів. При підборі конденсатора для холодильної системи зазвичай враховують його здатність справлятися з навантаженням на компресор при бажаній різниці між температурою конденсації та очікуваною температурою охолоджуючого середовища. Для більшості конденсаторів з повітряним охолодженням дана різниця приймається 10...12 °С.

За певних умов (зокрема, при неякісному ремонті агрегата) в холодильному контурі може накопичитись деяка кількість повітря. Складові повітря – азот і кисень – залишатимуться в газовому стані при будь-якій температурі і тиску, який створюється в торговому холодильному обладнанні. Якщо повітря і холодильний агент знаходяться в герметичній системі, то згідно закону Дальтона тиск компонентів повітря додається до тиску холодильного агента, а робота системи при надлишковому тиску нагнітання небажана.

Шар бруду, пилу та мастила на поверхні конденсатора створює теплову ізоляцію, яка перешкоджає відведенню теплоти від холодильного агента, що призводить до підвищення тиску в системі. *Для забезпечення максимальної ефективності роботи холодильної машини слід періодично очищувати поверхню конденсатора.*

Конденсатор з повітряним охолодженням повинен інтенсивно обдуватися потоком повітря. Встановлювати конденсатор слід в приміщенні з вентиляцією таким чином, щоб холодне повітря витісняло нагріте, інакше в системі буде створюватися високий тиск нагнітання.

Повітряний конденсатор може охолоджуватись за допомогою *зовнішнього обдування або витяжного вентилятора.*

Витяжні вентилятори протягують повітря через конденсатор і створюють більш рівномірний потік, ніж вентилятори зовнішнього обдування. Оскільки рівномірне розподілення повітря підвищує ККД конденсатора, доцільніше застосовувати витяжну систему обдування за допомогою витяжного вентилятора.

6 Допоміжне обладнання холодильних машин

Вентилі компресора. Сальникові та безсальникові компресори обладнані спеціальними запірними вентилями, які встановлюються на всмоктувальному та нагнітальному штуцерах компресора. Запірні вентиля призначені для забезпечення можливості обслуговування холодильної системи.

Зворотні клапани. Щоб напрям руху холодильного агента в певній точці холодильної системи не змінювався на зворотній, передбачають встановлення зворотних клапанів. Вони необхідні в холодильних установках, які мають декілька випарників з різною температурою кипіння хладону. При зупинці компресора зворотні клапани перешкоджають перетіканню парів холодильного агента з випарників з високою температурою кипіння до випарників з низькою температурою.

Клапани розміщують за випарниками з низькою температурою кипіння на всмоктувальних трубопроводах. В цьому випадку випарники не можуть заповнюватися рідиною, що дає змогу уникнути пошкодження компресора в результаті гідравлічного удару при запуску.

Можливо також розмістити зворотний клапан між нагнітальною магістраллю компресора і конденсатором, щоб за рахунок недопущення перетікання хладона із конденсатора у всмоктувальну порожнину компресора полегшити його запуск.

Ресивери – це спеціальні ємності для зберігання запасу холодильного агента в системі. Вони беруть участь в регулюванні холодопродуктивності. Запас

хладону в ресивері дає змогу компенсувати незначні втрати робочого тіла. Надлишок хладона в ресивері дозволяє агрегату працювати в умовах змінних теплових навантажень. При збільшенні зовнішнього теплового навантаження додаткова кількість хладону надходить із ресивера в холодильну систему.

Ресивер може використовуватись для збору всієї кількості холодильного агента, якщо необхідно розкрити холодильний контур під час обслуговування, ремонту або транспортування установки.

Підігрівачі картера. Якщо компресор фреонової установки розміщено в місці, де температура навколишнього середовища нижча температури у випарнику, то під час неробочої частини холодильного циклу в картер компресора потрапляє підвищена кількість хладона. Це відбувається внаслідок різниці тисків у випарнику і компресорі. При цьому холодильний агент може в значній мірі розчинитися в мастилі, яке знаходиться в картері. Запуск компресора призводить до закипання хладона, розчиненого в мастилі, з утворенням масляно-парової емульсії. Частина емульсії виходить з картера в циліндр, зумовлюючи гідравлічні удари, які пошкоджують клапани компресора.

Для зменшення кількості хладону, який розчинився в мастилі картера, під час зупинки компресора мастило доцільно підігрівати. В результаті холодильний агент випаровується і зменшується його надходження в картер.

Електричні підігрівачі картера встановлюють ззовні або зсередини компресора. Потужність цих пристроїв (25...200 Вт) повинна бути такою, щоб не допускати надлишкового перегріву мастила.

Фільтри-осушувачі. В контурі будь-якої холодильної установки завжди є певна кількість вологи та інших речовин. Волога проникає в систему при порушенні герметичності, зниженні тиску всмоктування нижче атмосферного або під час ремонту холодильної машини. **Присутність вологи може призвести до замерзання дросельного отвору або перегорання обмоток електродвигуна герметичного компресора.**

Фільтри-осушувачі забезпечують фільтрування та осушування холодильного агента в системі.

Функція осушування забезпечує хімічний захист, який включає поглинання води і нейтралізацію кислот. Це дає змогу уникнути корозії металевих поверхонь і згорання електродвигунів.

Функція фільтрації забезпечує фізичний захист і включає затримання різноманітних сторонніх часточок і домішок, що продовжує термін експлуатації компресора.

Таким чином, фільтр-осушувач можна розглядати як засіб продовження строку служби холодильної установки.

7 Холодильні агрегати

Окремі елементи холодильної установки (компресори, теплообмінні апарати) часто доцільно об'єднувати в один пристрій, який називається агрегатом. Це забезпечує компактність машини, зменшення довжини трубопроводів, зручність в обслуговуванні. Також зменшується об'єм монтажних робіт в місці встановлення. Ціль агрегатування полягає в перенесенні всіх робіт із монтажу та регулювання

елементів холодильної машини на завод-виробник, який має кваліфіковані кадри, необхідні інструменти та контрольно-вимірювальні прилади. Агрегати характеризуються компактністю та зручністю в обслуговуванні.

Агрегати класифікуються залежно від елементів холодильної машини, які об'єднуються. Якщо компресор об'єднано з конденсатором, електродвигуном і приладами автоматики, то це **компресорно-конденсаційний агрегат**. Якщо в агрегаті кожухотрубний випарник об'єднаний з теплообмінником, фільтром-осушувачем і регулювальною станцією з приладами автоматики, то це **випарниково-регулювальний агрегат**. Якщо ж в агрегаті об'єднані всі елементи холодильної машини, то його називають **комплексним агрегатом** (сучасні моноблоки).

Холодильні агрегати встановлюються на плиті або рамі. В машинах малої та середньої продуктивності використовують переважно **герметичні компресорно-конденсаційні агрегати**.

Герметичні холодильні агрегати випускають на базі герметичних поршневих компресорів і ротаційних компресорів з холодопродуктивністю від 0,5 до 100 кВт. **Різна холодопродуктивність агрегатів досягається регулюванням частоти обертання вала компресора.**

Залежно від температури кипіння хладона агрегати поділяються:

- низькотемпературні (-40...-15 °С) – працюють на хладонах R22, R134a, R404;
- середньотемпературні (-15...0 °С);
- високотемпературні (0...10 °С).

Конструкцію та зовнішній вигляд низькотемпературного холодильного агрегату на прикладі ВН 630(2) наведено на рис. 2.21.

Даний агрегат працює на хладоні R22. Встановлюється у фризерах для м'якого морозива, холодильних вітринах та іншому холодильному обладнанні місткістю до 4 м³ для створення температур до -18 °С.

Агрегат складається з поршневого одноциліндрового герметичного компресора і ребристотрубного конденсатора, який охолоджується витяжним способом за допомогою вентилятора. Ресивер та фільтр-осушувач в агрегаті ВН 630 (2) конструктивно суміщені: ресивер має вигляд циліндричної ємності, яка занурена у фільтр-осушувач. Відділена волога випаровується під дією теплоти, яка відводиться від рідкого холодильного агента, що знаходиться в ресивері.

Існують також холодильні агрегати з кількома герметичними компресорами. Вони застосовуються для оснащення холодильних камер, складів зберігання охолоджених і заморожених продуктів, систем холодопостачання торгових підприємств, камер швидкого охолодження та заморожування і промислового кондиціонування.

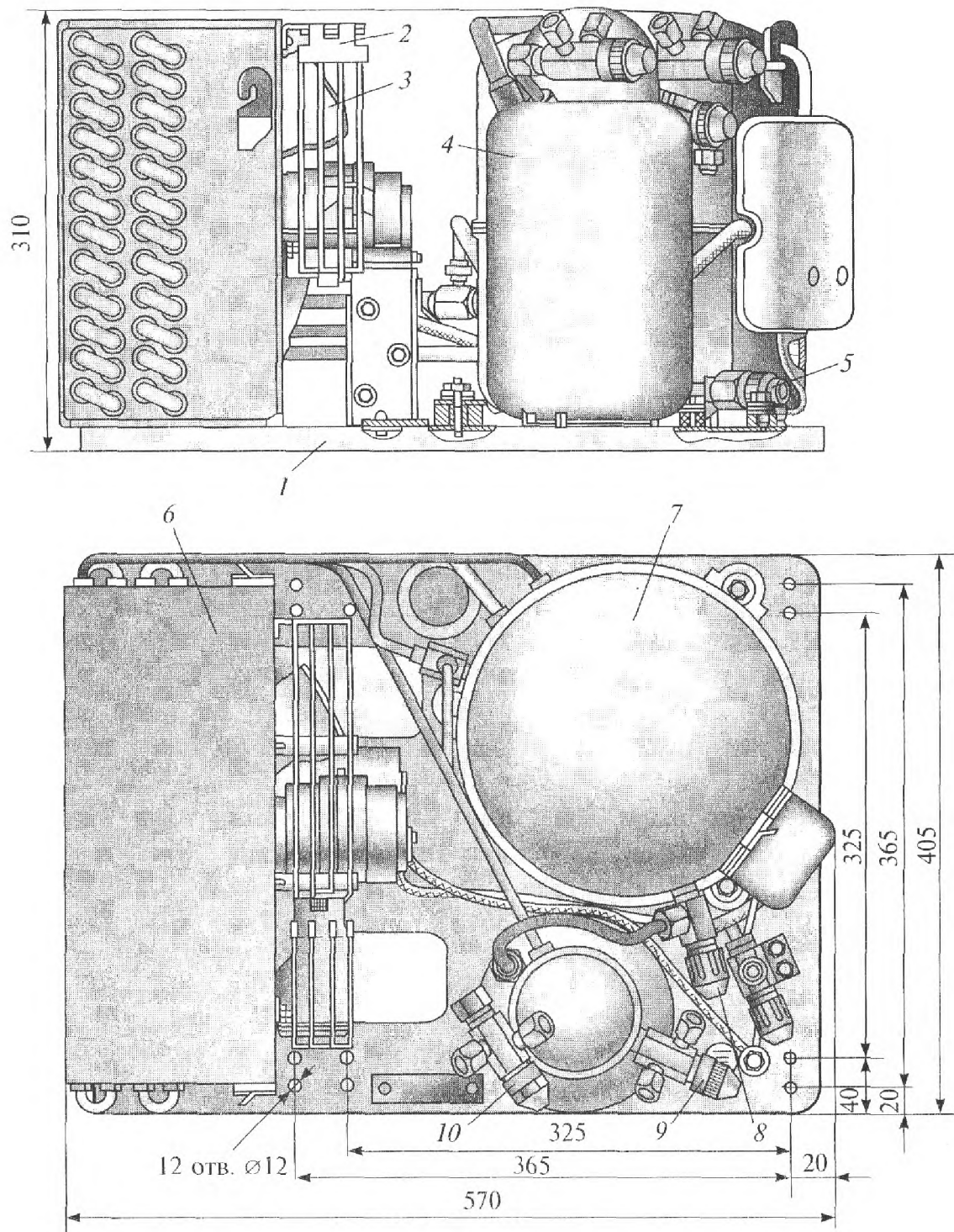


Рис. 2.21 Низькотемпературний холодильний агрегат ВН 630 (2)

1 – плита; 2 – огороження; 3 – кришка циліндра; 4 – ресивер з фільтром-осушувачем;
 5 – вентиль відтаювання; 6 – конденсатор; 7 – компресор; 8 – нагнітальний вентиль;
 9 – рідинний вентиль; 10 – всмоктувальний вентиль

Блочні холодильні машини

Сучасною тенденцією в холодильному машинобудуванні є впровадження холодильних агрегатів у вигляді одного або декількох блоків – **моноблоків, біблоків та спліт-систем.**

Моноблочна холодильна машина є герметичним холодильним агрегатом з повітряним конденсатором, і призначена для камер малої та середньої місткості (рис. 2.22, 2.23).

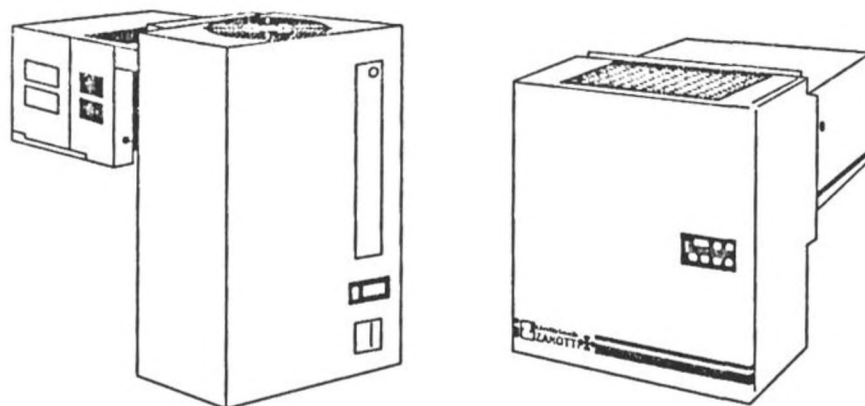


Рис. 2.22 Моноблочні холодильні машини

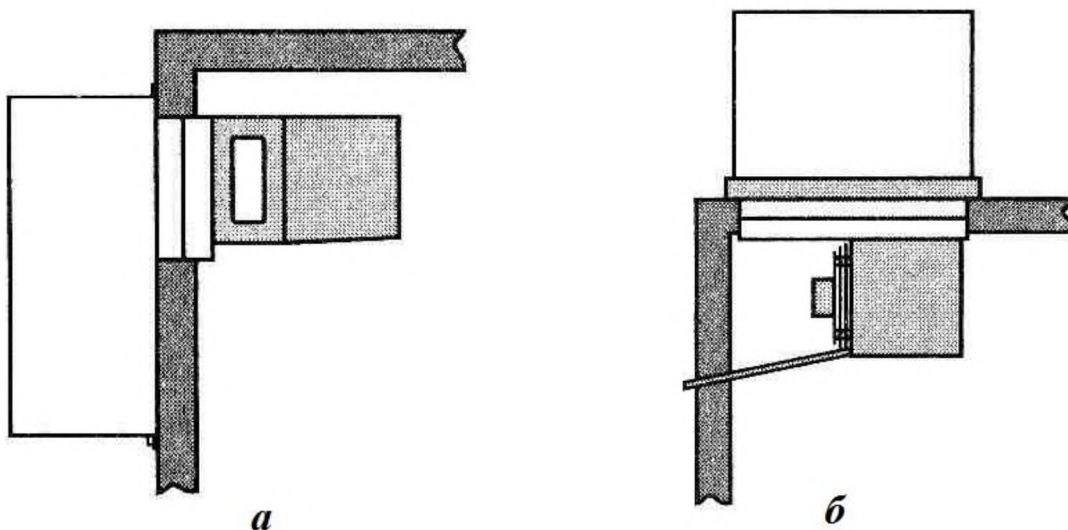


Рис. 2.23 Схеми установки моноблоків
а – монтаж на стіні; *б* – монтаж на стелі

Моноблочні агрегати монтуються на стіні або стелі. Частина блока яка включає компресор, конденсатор і блок керування, встановлюються на зовнішній стіні холодильної камери, а повітроохолоджувач розміщують всередині камери. Монтаж агрегату зводиться до врізання його в стіну або стелю камери, встановлення трубопроводів для відведення талої води і підключення до електропостачання.

Моноблочні холодильні агрегати працюють на хладачах R22 та R404a. У холодильній камері об'ємом 4,5...12 м³ створюють температуру -18...+6 °С.

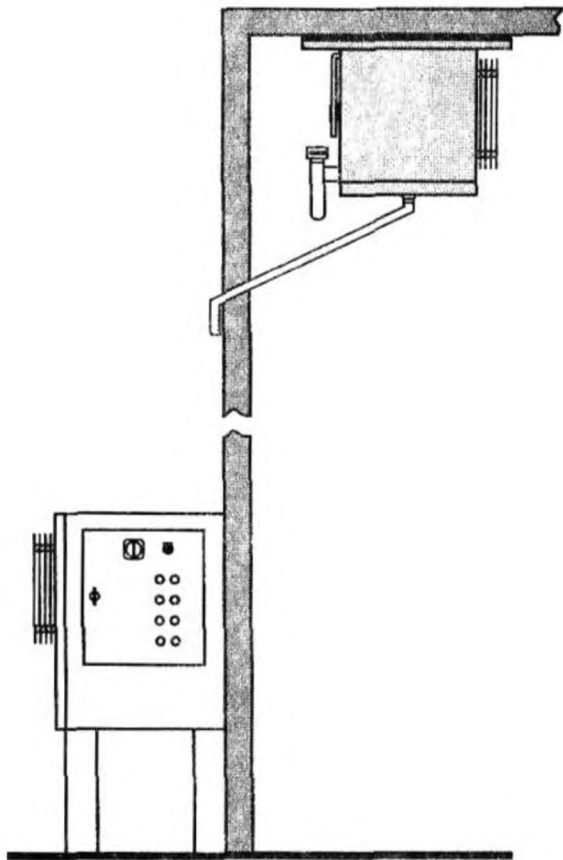


Рис. 2.24 Схеми установки біблоків та спліт-систем

Біблочні холодильні машини та спліт-системи мають схожу будову і складаються із зовнішнього компресорно-конденсаційного та внутрішнього випарникового блоків. Спліт-системи встановлюють в малих і середніх холодильних камерах, а біблокі відносяться до категорії промислового обладнання і призначені для камер середньої та великої ємності.

Зовнішній блок спліт-системи встановлюють із зовнішньої сторони холодильної камери, а внутрішній блок – повітроохолоджувач – на стелі камери.

В біблочному агрегаті зовнішній блок встановлюється на підлозі поза камерою, а повітроохолоджувач – на стелі або підлозі камери (рис. 2.24).

Біблочні агрегати та спліт-системи поділяються на середньотемпературні (забезпечують охолодження в камері від -5 до $+10$ °С) та низькотемпературні (температурний режим від -18 до -25 °С).

8 Принципові схеми холодозабезпечення

Розрізняють 6 принципів схем холодозабезпечення холодильних камер (рис. 2.25).

1) Схема безпосереднього охолодження, в якій випарники розміщуються всередині холодильних камер і приміщень або вбудовуються в комунікації охолоджувального повітря і технологічне холодильне обладнання.

2) Відкрита проміжна схема, обладнана випарником з закритими порожнинами холодоносія, до якого тепло від об'єкта охолодження відводиться в теплообмінному апараті.

3) Відкрита проміжна схема, обладнана випарником з відкритим рівнем холодоносія, до якого теплота від об'єкта охолодження відводиться в теплообмінному апараті.

4) Закрита проміжна схема, обладнана випарником з закритими порожнинами холодоносія, до якого теплота від об'єкта охолодження відводиться в теплообмінному апараті.

5) Закрита проміжна схема, обладнана випарником з відкритим рівнем холодоносія, до якого теплота від об'єкта охолодження відводиться в теплообмінному апараті.

б) Відкрита подвійна проміжна схема, обладнана випарником з закритими порожнинами холодоносія, при цьому відведення теплоти від об'єкта охолодження відбувається в теплообмінному апараті з послідовним перенесенням теплоти двома різними потоками холодоносіїв.

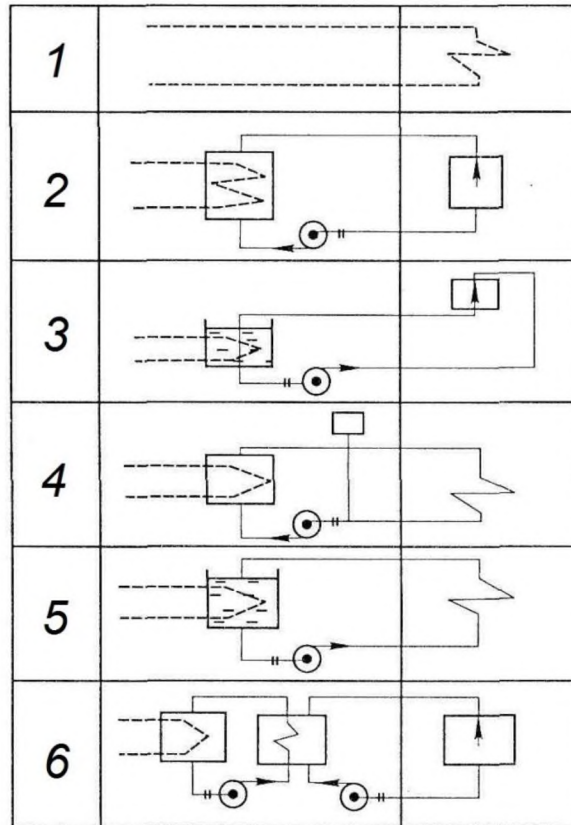


Рис. 2.25 Принципові схеми холодопостачання холодильних камер