



Візуальне супроводження лекцій з дисципліни “ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА”

Тема 15

СПОСОБИ ОХОЛОДЖУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ

Лекція 19

СПОСОБИ ОХОЛОДЖУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ

1. Системи безпосереднього охолодження
2. Системи охолодження з проміжним холодоносієм
3. Вибір системи охолодження
4. Способи відведення теплоти від споживачів холоду

Кафедра
Холодильної
Торговельної
Техніки



КЛАСИФІКАЦІЯ ОХОЛОДЖУЮЧИХ СИСТЕМ

- ▣ **За виглядом охолоджуючого середовища і способу розподілу робочої речовини по об'єктах охолодження:**
 - *системи безпосереднього охолодження (безнасосні та насосно-циркуляційні)*
 - *системи охолодження з проміжним холодоносієм (відкритого або закритого типу)*
- ▣ **За способом розміщення основного устаткування:**
 - *системи централізованого або децентралізованого охолодження.*
- ▣ **Залежно від умов відведення теплоти від охолоджуваних об'єктів і продуктів**
 - *системи з контактним охолодженням*
 - *системи з безконтактним охолодженням.*

1. СИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ

- У цих системах теплота від об'єктів відводиться безпосередньо холодильним агентом, що протікає в *приладах охолодження*, які виконують одночасно роль *випарника і холодильної машини* та розташовані в охолоджуваному приміщенні. При цьому *агрегатний стан* холодильного агента в цих приладах *змінюється* (він кипить).

- Безнасосні системи за способом подачі рідкого холодильного агента в охолоджуючі прилади підрозділяються на
 - *прямоточні*
 - *з віддільником рідини.*

ПРЯМОТОЧНІ СИСТЕМИ

Рідкий холодильний агент подається під дією різниці тиску конденсації і кипіння. Для «сухого ходу» компресора пар повинен мати температуру всмоктування

$$t_{\text{вс}} = t_0 + \Delta t_{\text{вс}}$$

- Для аміачних одноступінчатих і другого ступеня двохступінчатих компресорів $\Delta t_{\text{вс}} = 5...15$ °С, для першого ступеня двохступінчатих компресорів 10...20 °С.

У прямоточних системах необхідно забезпечити подачу рідкого холодильного агента в прилади охолодження у кількості, що в точності відповідає тепловому навантаженню камери та холодопродуктивності агенту

$$G_a = Q_{\text{об}} / q_0$$

- де $Q_{\text{об}}$ — теплове навантаження, кВт; q_0 — питома масова холодопродуктивність агенту.

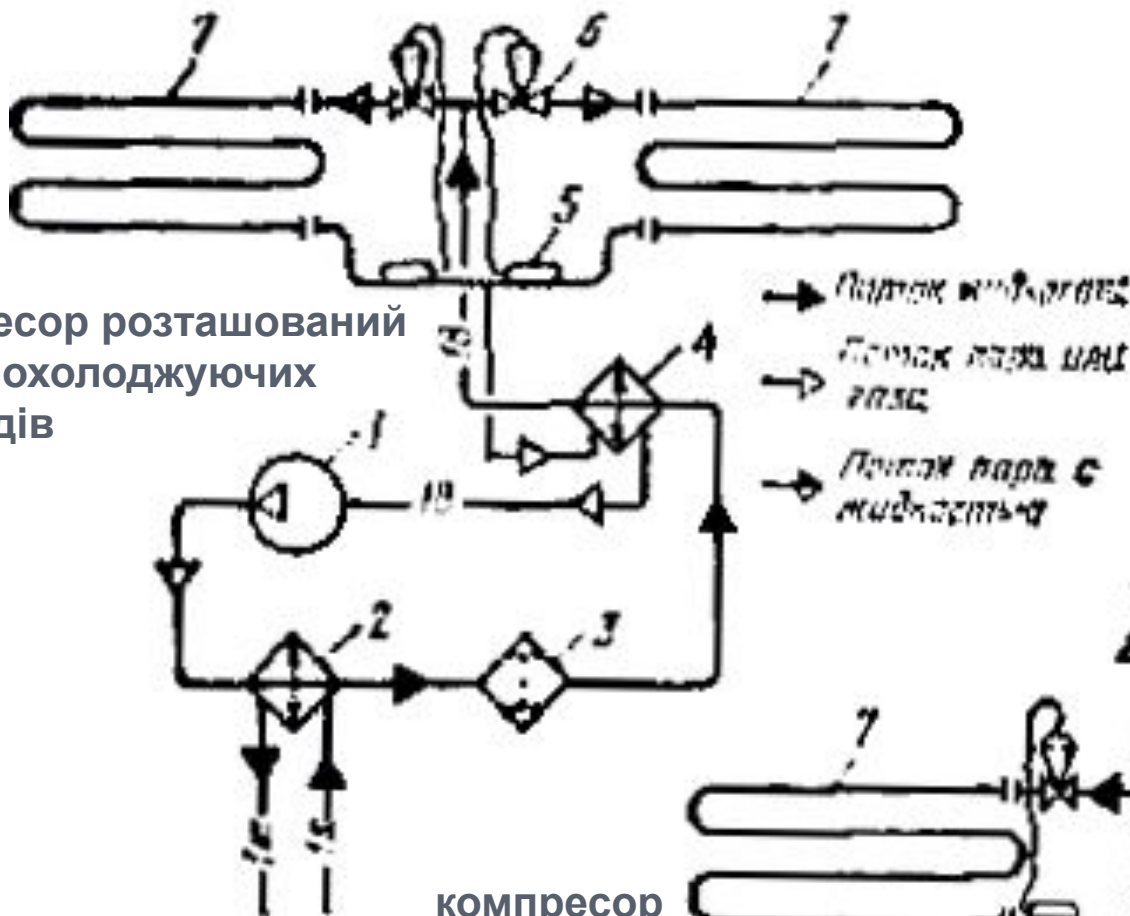
Подача в систему холодильного агента в більшій кількості ($G_a' > G_a$) може привести до **вологого ходу компресора та гідравлічних ударів**.

Подача агента у меншій кількості ($G_a' < G_a$) призводить до **зниження коефіцієнта тепловіддачі до холодильного агента**.

СХЕМА ПРЯМОТОЧНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ ХЛАДОНОМ

- 1 — компресор;
- 2 — конденсатор;
- 3 — фільтр-осушувач;
- 4 — регенеративний теплообмінник;
- 5 — чутливий елемент TRV;
- 6 — TRV;
- 7 — прилади охолодження;
- 8 — гідравлічний затвор;

компресор розташований
нижче охолоджуючих
приладів



→ Потік хладагенту
→ Потік теплої води
→ Потік холодної води

компресор
розташований вище
охолоджуючих
приладів

- 18 — хладагент;
- 1x — вода холодна;
- 1m — вода тепла

ОСОБЛИВОСТІ ПРЯМОТОЧНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ ХЛАДОНОМ

- точне дозування холодильного агента досягається за допомогою терморегулюючого вентиля (ТРВ)
- у випарниках застосовують, *нижню, верхню і комбіновану подачу хладона*
- *верхня подача* полегшує повернення мастила у компресор, відсутній вплив гідростатичного стовпа рідини на температуру кипіння, менша місткість системи по холодильному агенту
- *нижня подача* забезпечує більші значення коефіцієнта тепловіддачі але потрібний гідравлічний затвор на всмоктуючому трубопроводі для підйому масла у компресор
- волога із холодильного агента та мастила віддаляється у фільтрах-осушувачах
- в великих системах на всмоктуючій стороні встановлюють *захисні ресівери* горизонтального або вертикального типу, які виконують функції віддільника рідини і ресивера

СХЕМА ВКЛЮЧЕННЯ ЗАХИСНИХ РЕСИВЕРІВ ВЕРТИКАЛЬНОЮ ТИПУ У АМІАЧНУ ПРЯМОТОЧНУ СИСТЕМУ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ

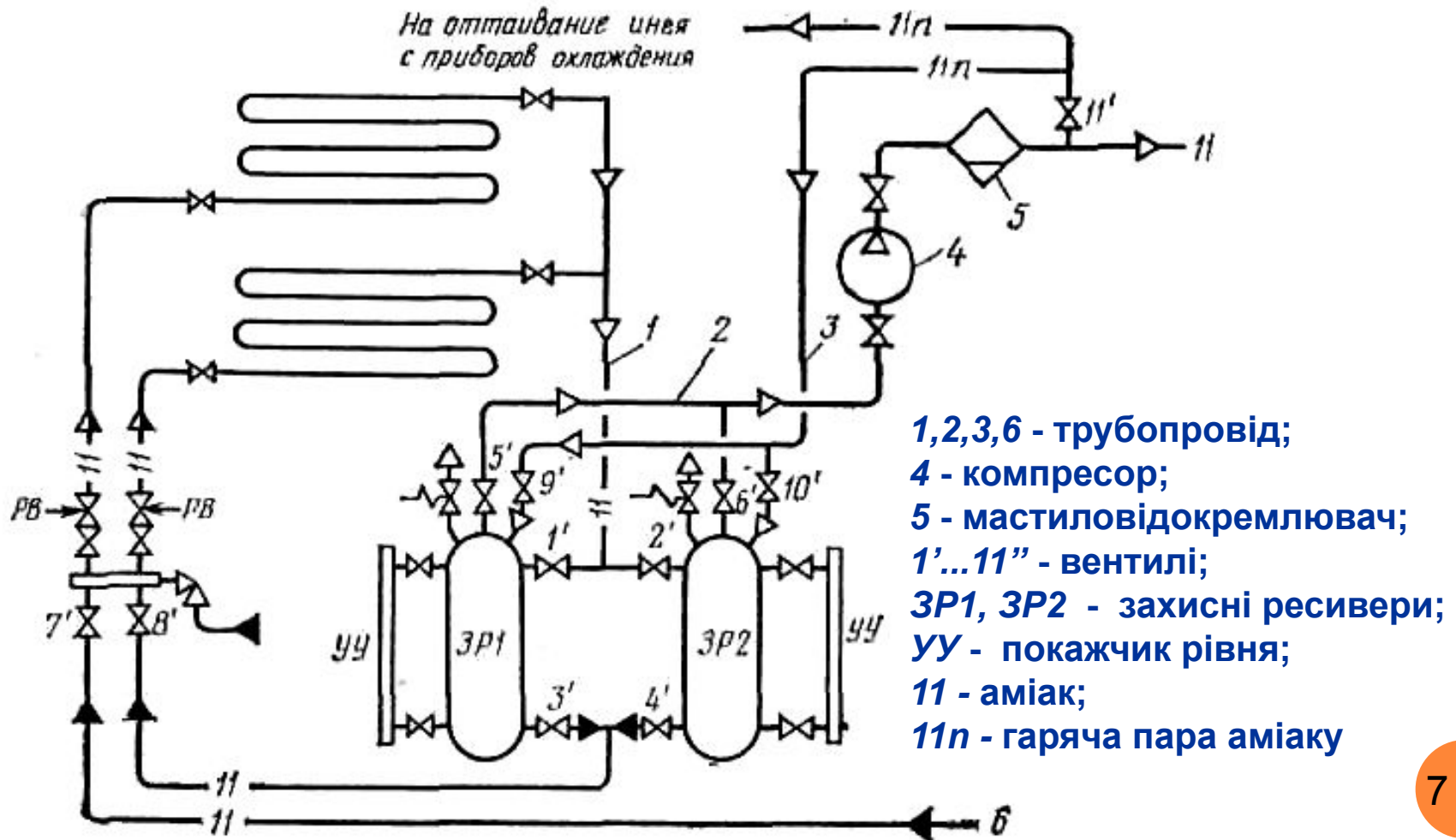
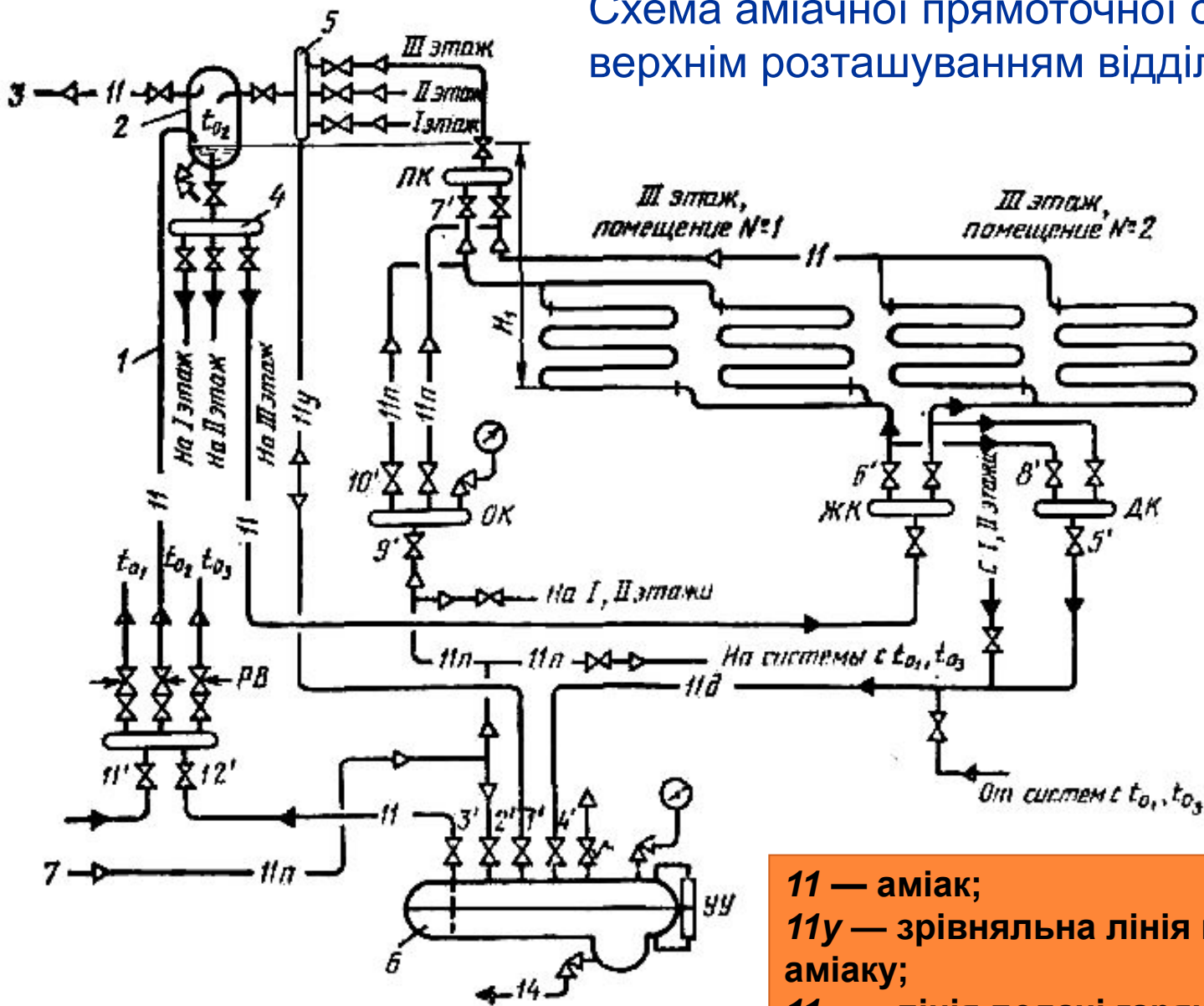


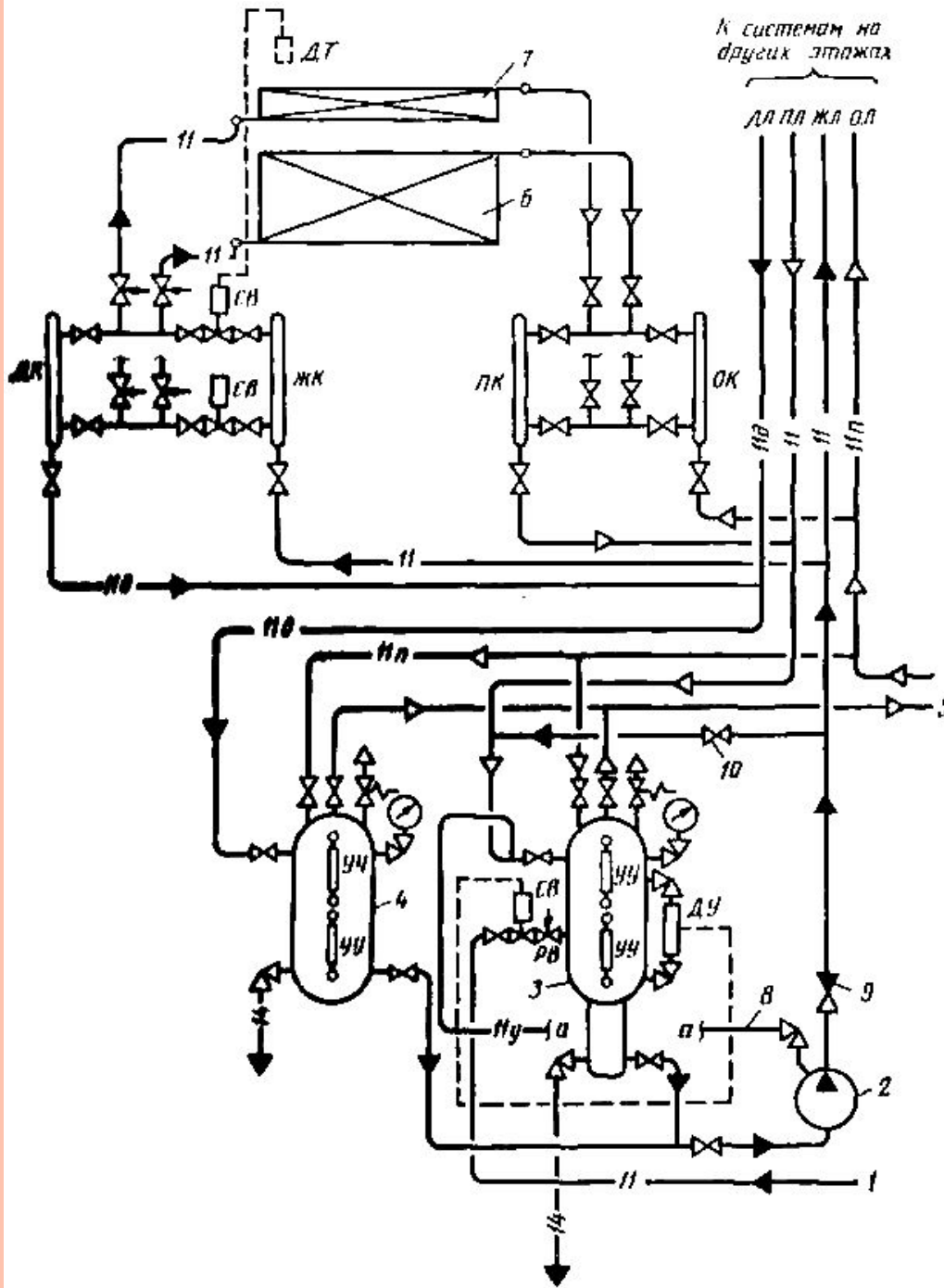
Схема аміачної прямоточної системи з верхнім розташуванням віддільника рідини



- 11** — аміак;
- 11у** — зрівняльна лінія пароподібного аміаку;
- 11п** — лінія подачі гарячої пари аміаку;
- 11д** — лінія дренажу для рідкого аміаку;
- 14** — мастило

ОСОБЛИВОСТІ АМІАЧНОЇ ПРЯМОТОЧНОЇ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З ВЕРХНІМ РОЗТАШУВАННЯМ ВІДДІЛЬНИКА РІДИНИ

- рідкий холодильний агент подається в прилади охолодження під натиском стовпа рідини;
- віддільник рідини розташовується вище за всі охолоджуючі прилади;
- завдяки наявності вторинної рідини в циркуляційному контурі зростає кратність циркуляції, що сприяє збільшенню інтенсивності теплообміну в приладах охолодження;
- **недоліки системи**
 - вплив гідростатичного стовпа рідини на температуру кипіння,
 - складність розподілу рідини по окремих приладах охолодження;
 - можливість виникнення вологого ходу і гідравлічних ударів в компресорі;
 - велика місткість системи по холодильному агентові.



Насосно - циркуляційна система з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження

- 1 — трубопровід подачі рідкого холодильного агента від конденсатора або лінійного ресивера;
- 2 — насос;
- 3 — циркуляційний ресивер;
- 4 — дренажний ресивер;
- 5 — всмоктуючий трубопровід до компресора;
- 6 — пристінна батарея;
- 7 — стельова батарея;
- 8 — лінія для відсмоктування пари холодильного агента;
- 9 — зворотний клапан;
- 10 — перепускний вентиль

ОСОБЛИВОСТІ НАСОСНО - ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З НИЖНЬОЮ ПОДАЧЕЮ ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА В ПРИЛАДИ ОХОЛОДЖУВАННЯ

- рідкий холодинний агент з ресивера подається насосом до рідинного колектора;
- соленоїдні вентиля регулюють подачу рідини в пристінні і стельові батареї;
- управління соленоїдними вентилями здійснюється реле температури, датчик якого встановлений в охолоджуваному приміщенні;
- кратність циркуляції холодоагенту $n=5...6$;
- циркуляційний ресивер встановлюють в машинному відділенні, ресивер забезпечують візуальними та дистанційними показниками рівня;
- для відтавання снігової шуби з охолоджуючих приладів встановлюють відтавальний та дренажний колектори, дренажний ресивер та дренажну лінію;
- Норми заповнення рідким холодинним агентом (аміаком) приймають для батарей і повітреохолоджувачів — 70 %.

ОСОБЛИВОСТІ НАСОСНО - ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВЕРХНЬОЮ ПОДАЧЕЮ ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА В ПРИЛАДИ ОХОЛОДЖУВАННЯ

▣ **Переваги:**

- ▣ менша місткість системи по холодильному агентові;
- ▣ мала теплова інерційність;
- ▣ відсутність впливу гідростатичного стовпа рідини на температуру кипіння;
- ▣ велика вірогідність видалення масла з приладів охолодження в результаті змиву рідким холодильним агентом.

▣ **Недоліки:**

- ▣ менша інтенсивність теплообміну із-за гіршої змочуваності периметра охолоджуючої труби у порівнянні з нижньою подачею.
- ▣ Норми заповнення рідким холодильним агентом (аміаком) приймають: для батарей 30 %, для повітреохолоджувачів — 50 %.

СПОСОБИ ВІДТАВАННЯ СНІГОВОЇ ШУБИ.

- Застосовують *механічний і тепловий способи*
 - при механічному способі снігову шубу змітають, здувають повітрям, видаляють шкрябаннями.
 - при тепловому способі сніг розплавляють, а воду видаляють.
- у повітреохолоджувачах відтавання проводять **теплою водою ($t \leq 25$ °С), теплим повітрям із електрокалорифера, ТЕНами, які вбудовують у повітреохолоджувач, зрошуванням поверхні водним розчином пропиленгліколя.**
 - Інший тепловий спосіб — **відтавання гарячою парою холодильного агента** за допомогою обігріву поверхні зсередини труби. Відтаювальну лінію підключають після масловіддільника з нагнітального боку компресора.
- У практиці часто різні способи відтавання комбінують

2. СИСТЕМИ ОХОЛОДЖУВАННЯ З ПРОМІЖНИМ ХОЛОДОНОСІЄМ

- У цих системах теплота від об'єктів відводиться проміжним середовищем — рідким холодоносієм, який у приладах охолодження нагрівається на 2...3 °С *без зміни агрегатного стану*, а у випарнику охолоджується. Циркуляція холодоносія здійснюється *відцентровими насосами*.
- Залежно від типу випарників і приладів охолодження розрізняють *закриті і відкриті системи охолодження* холодоносіями.
 - У *закритій системі* застосовують устаткування закритого типу (кожухотрубний або кожухозмійковий випарник і трубні прилади охолодження — батареї і сухі повітеохолоджувачі).
 - У *відкритих системах* застосовують прилади охолодження або випарники відкритого типу.

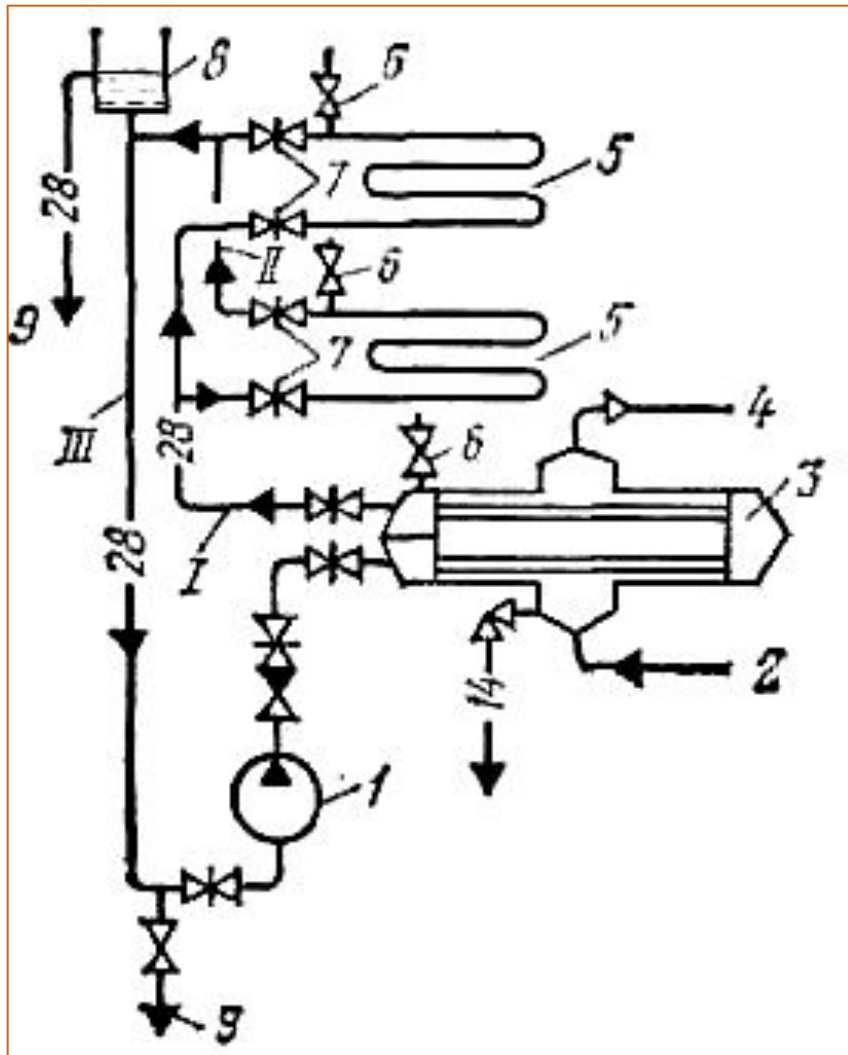


Схема закритої системи охолодження холодоносієм для двоповерхової будівлі:

- / — подаючий трубопровід;
- // — зворотний трубопровід;
- /// — компенсаційний трубопровід;
- 1 — насос для холодоносія;
- 2 — подача холодильного агента у випарник;
- 3 — випарник;
- 4 — відсмоктування пари холодильного агента в компресор;
- 5 — прилади охолодження;
- 6 — випуск повітря;
- 7 — засувки;
- 8 — розширювальний бак;
- 9 — випуск холодоносія в зливний бак;
- 28- — трубопроводи для холодоносія (розсолу)

ОСОБЛИВОСТІ ЗАКРИТИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУВАННЯ

- Система має *три напірні трубопроводи: що подає, зворотний, компенсаційний.*
 - Щоб всі лінії були напірними, необхідне їх повне заповнення холодоносієм. Це забезпечується установкою в верхній частині системи *розширювального бака.*
 - Подачу холодоносія в батареї регулюють *засувками.*
- **Перевагами системи** є порівняно невелика витрата енергії на привід насоса, мала корозія і невелика деконцентрація холодоносія (розсолів), простота відділення повітря, значна частина якого віддаляється через розширювальну судину.
- **Недоліком системи** є велика можливість **замерзання холодоносія** у випарнику. Температура замерзання розчинів солей залежить від концентрації в них солі. Небезпека виникає також при зупинці насоса, **закупорці труб** випарника забрудненнями.

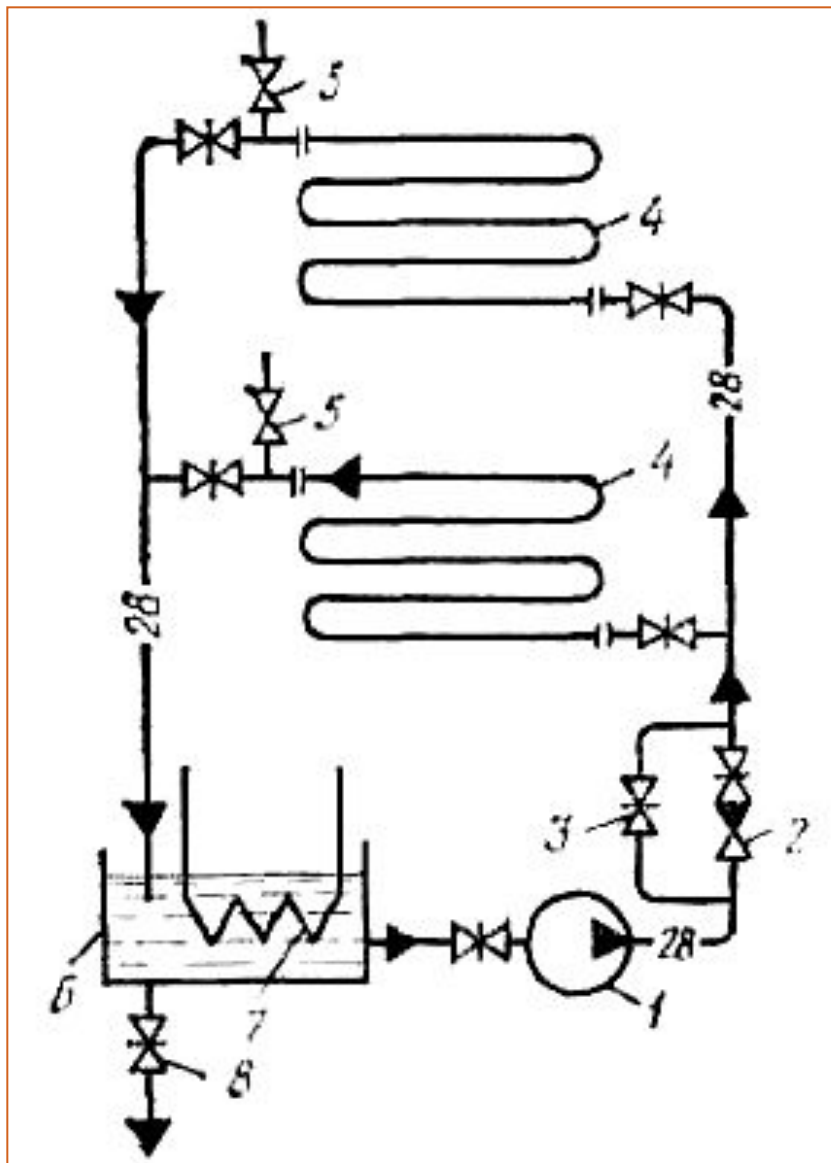


Схема відкритої системи охолодження:

- 1 — насос для холодоносія;
- 2 — зворотний клапан;
- 3 — перепускний вентиль (засувка);
- 4 — прилади охолодження;
- 5 — вентилі для випуску повітря;
- 6 — бак випарника;
- 7 — охолоджуючі секції випарника;
- 8 — засувка для випуску холодоносія в зливний бак

ОСОБЛИВОСТІ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУВАННЯ

- Для холодоносія використані **відкритий випарник і закриті прилади охолодження**;
- холодоносії подається в нижню частину приладів охолодження **насосом** та сам стікає по зливному трубопроводу в бак випарника;
- **зворотний клапан** перешкоджає зливу холодоносія у випарник.
- повітря з системи віддаляється за допомогою **вентилів**, що встановлюються у верхній частині батарей.
- **засувки** розподіляють холодоносії по приладам охолодження.
- при ремонті нагнітальної лінії або приладів охолодження холодоносії випускають у випарник через **перепускний вентиль** (засувку). При необхідності звільнення бака випарника холодоносії видаляють в зливний бак.
- **Недоліком системи** є наявність відкритих для повітря приладів охолодження або випарників, із-за чого виникає підвищена **корозія металу і деконцентрація розсолів**, особливо при використанні відкритих приладів охолодження. У останньому випадку розсоли добре поглинають вологу з повітря приміщень, що приводить до **усихання продуктів**, що зберігаються.

3. ВИБІР СИСТЕМИ ОХОЛОДЖУВАННЯ

Систему охолодження вибирають на підставі техніко-економічного аналізу і зіставлення різних систем за капітальними та експлуатаційними витратами

Основні вимоги:

- *безпека* для обслуговуючого персоналу і *ресурсоздатність* устаткування (в першу чергу надійний захист компресора від вологого ходу і гідравлічних ударів);
- своєчасність встановлення і надійність *підтримки заданого режиму* в охолоджуваних об'єктах;
- задовільні економічні показники;
- *можливість різних перемикань*, що забезпечують взаємозамінність устаткування, а також видалення або відсмоктування холодинного агента (наприклад, при аварії);
- забезпечення *правильного розподілу холодинного агента* по приладам охолодження (у відповідності із зміною теплового навантаження при можливо меншій місткості системи);
- *висока інтенсивність* теплообміну (забезпечується видаленням снігової шуби, мастила і інших забруднень, усуненням впливу гідростатичного тиску на температуру кипіння, високою кратністю циркуляції рідини у випарниках);
- *наявність засобів автоматики*, що забезпечують контроль, регулювання і захист різних вузлів холодинної установки.

Порівняння систем охолодження:

СИСТЕМА БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ (СБО)

Переваги

- простіше по устаткуванню (відсутність випарника для охолодження холодоносія, насосу для його циркуляції, мішалки для солеконцентраторі, додаткових баків, менша площа машинного відділення)
- питомі витрати електроенергії на охолодження на 16...24 % менші ніж у системах з проміжним холодоносієм;
- не має корозії устаткування

Недоліки

- небезпека виходу холодильного агента (ХА) в охолоджуване приміщення при порушенні герметичності системи;
- не можна застосовувати СБО при великій кількості людей, на транспорті;
- диспропорція між допустимою нормою заповнення приладів охолодження (ПО) і дійсним заповненням ХА внаслідок різного теплового навантаження ПО;
- негативний вплив гідростатичного стовпа ХА на температуру кипіння
- велика витрата безшовних труб, велика її місткість по холодильному агенту

Порівняння систем охолодження:

СИСТЕМА ОХОЛОДЖУВАННЯ ПРОМІЖНИМ ХОЛОДОНОСІЄМ (СОПХ)

Переваги

- нешкідливий, дешевий холодоносіє;
- спрощується автоматизація системи;
- можливість регулювання потоку холодоносія при змінюванні теплового навантаження ПО;
- Безпечність розгерметизації при великій кількості людей та на транспорті;
- відсутність впливу тиску стовпа рідкого ХА на температуру кипіння;
- можливість перемикань, що забезпечує взаємозамінність устаткування у разі виходу з ладу або ремонту

Недоліки

- збільшені питомі витрати електроенергії на виробництво холоду;
- більші капітальні витрати на обладнання;
- більша площа машинного відділення;
- розсоли та вода викликають корозію устаткування (особливо у відкритих системах)

4. СПОСОБИ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛОТИ ВІД СПОЖИВАЧІВ ХОЛОДУ

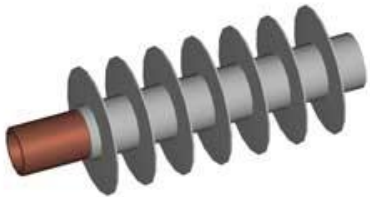
Контактний – відведення теплоти від охолоджуваних (заморожуваних) об'єктів шляхом безпосереднього контакту їх з робочим середовищем (холодильним агентом, холодоносієм)

- При контактному способі об'єкт занурюється в охолоджуюче середовище або зрошується ним. При цьому охолоджуюче середовище може змінювати свій агрегатний стан, якщо застосовують азот, хладони.
- ▣ **Переваги:** висока інтенсивність конвекційного теплообміну між об'єктом і охолоджуючим середовищем, мала тривалість процесу, незначна втрата маси продукту, невеликі розміри устаткування, малі площі для устаткування.
- ▣ **Недоліки:** можливість погіршення якості продуктів при безпосередньому контакті з деякими середовищами.

СПОСОБИ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛОТИ ВІД СПОЖИВАЧІВ ХОЛОДУ

Безконтактний - відведення теплоти від охолоджуваних (заморожуваних) об'єктів через стінку або через рухоме проміжне середовище (повітря або спеціальне газове середовище)

- розрізняють систему **батарейного охолодження, повітряну систему і змішану систему** охолодження



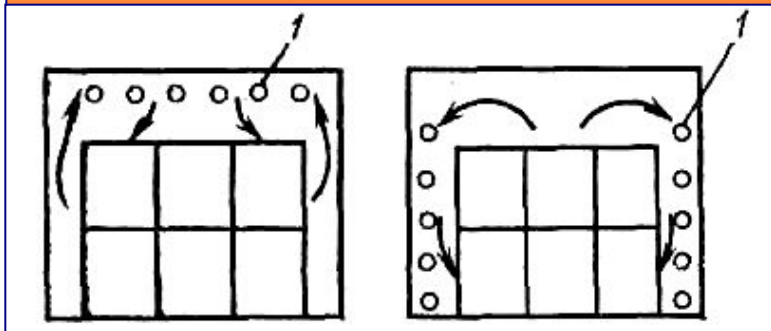
При **батарейному** охолодженні теплота відводиться за допомогою батарей (пристінних, стельових) за природної швидкості руху $v=0,5...0,15$ м/с



При **повітряному охолодженні** теплота відводиться повітреохолоджувачем за примусової циркуляції повітря в ньому і охолоджуваному приміщенні $v=1...10$ м/с.

БАТАРЕЙНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

Внутрішньокамерне відведення теплоприпливів



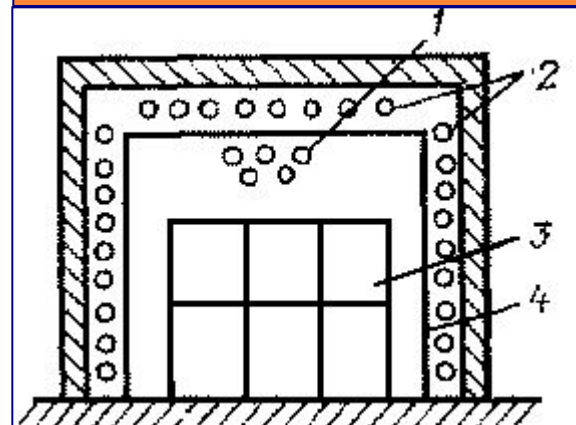
стельовими
батареями

пристінним
батареями

Недоліки системи:

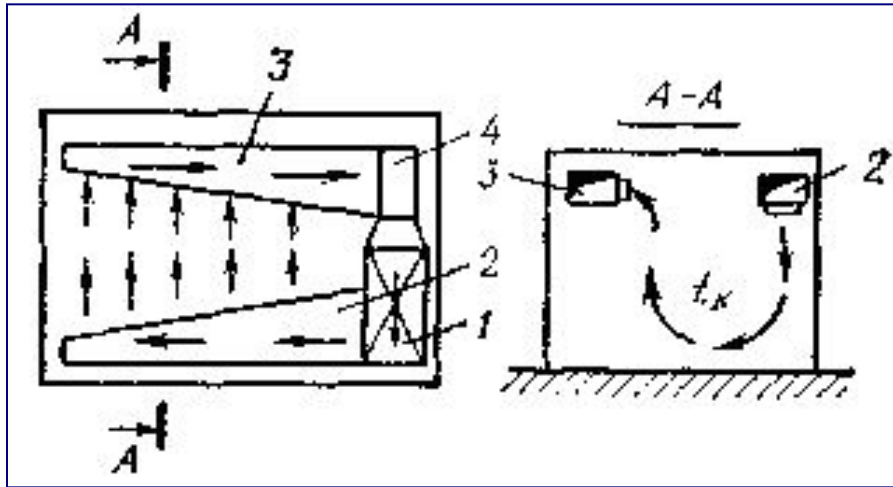
велика нерівномірність вологості повітря і температури в приміщенні (2...5 °С);
уповільнення охолодження і заморожування;
великі втрати маси продукту;
підвищена витрата труб для батарей, їх велика місткість по холодильному агенту;
складність відтавання снігової шуби;
велика інерційність регулювання температури.

Комбіноване відведення теплоприпливів

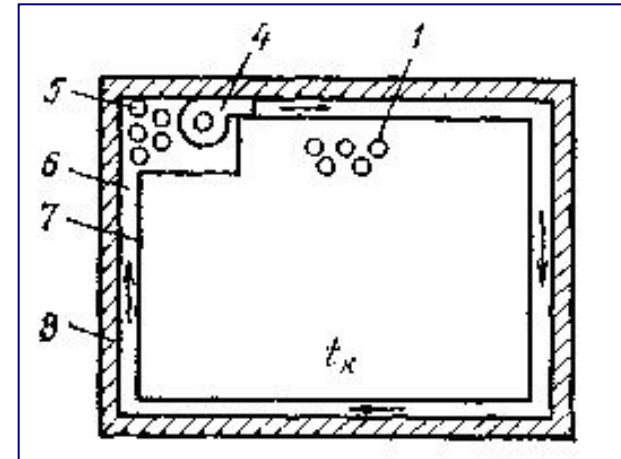


1 — внутрішньокамерні прилади охолодження;
2 — зовнішньокамерні прилади охолодження;
3 — продукт;
4 — стіна

ПОВІТРЯНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ



Внутрішньокамерне відведення теплоприпливів (двоканальна система)

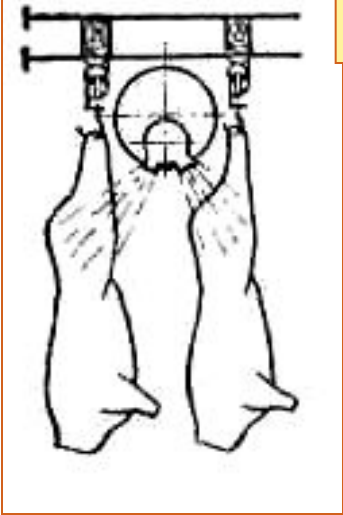


Позакамерне відведення теплоприпливів (одноканальна система)

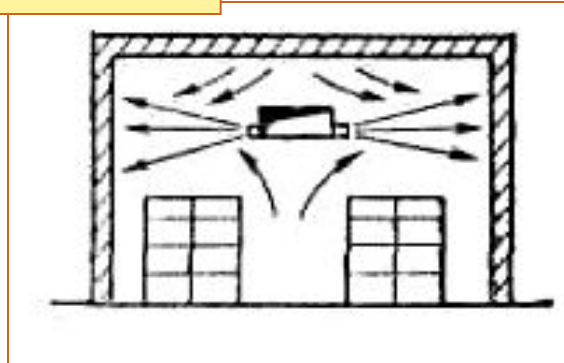
- 1 — внутрішньокамерні прилади охолодження;
- 2 — нагнітальний повітропровід;
- 3 — всмоктуючий повітропровід;
- 4 — вентилятор;
- 5 — позакамірний прилад охолодження;
- 6 — продукту;
- 7 — стіна із збірного залізобетону;
- 8 — зовнішня ізольована огорожа

ПОВІТРЯНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

Одноканальні системи

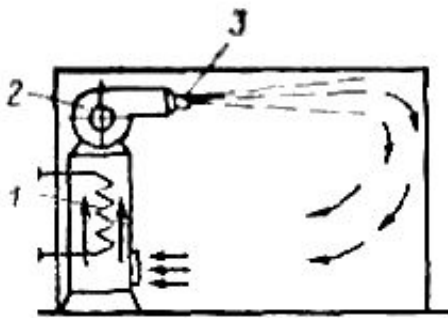


камера
холодильної
обробки

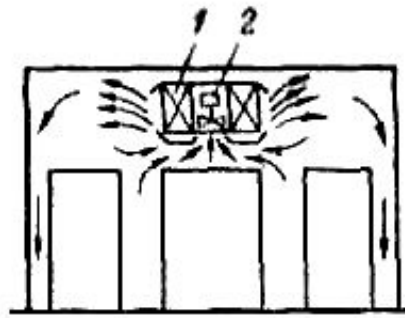


камера
зберігання

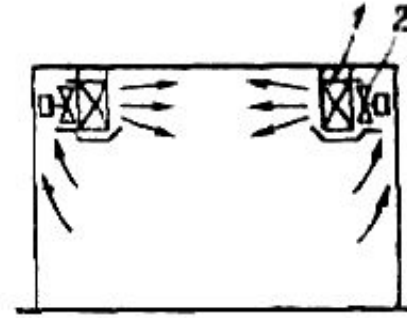
Безканалльні системи



із зосередженою
подачею повітря



з підвісними повітре-
охолоджувачами



з настінними повітре-
охолоджувачами

1 — прилад
охолодження;
2 — вентилятор;
3 — сопло

Недоліки повітряних систем охолодження

- підвищена витрата енергії на привід вентилятора;
- додаткове теплове навантаження від працюючого вентилятора;
- в камерах схову неупакованих вантажів — підвищені втрати маси

Для зниження втрат маси, де непотрібне інтенсивне вентилявання штабелю з вантажем, швидкість руху повітря біля продукту не повинна перевищувати 0,3...0,35 м/с.

А в камерах охолодження і заморожування швидкість руху повітря біля продукту процесів повинна бути не менше 2...6 м/с.