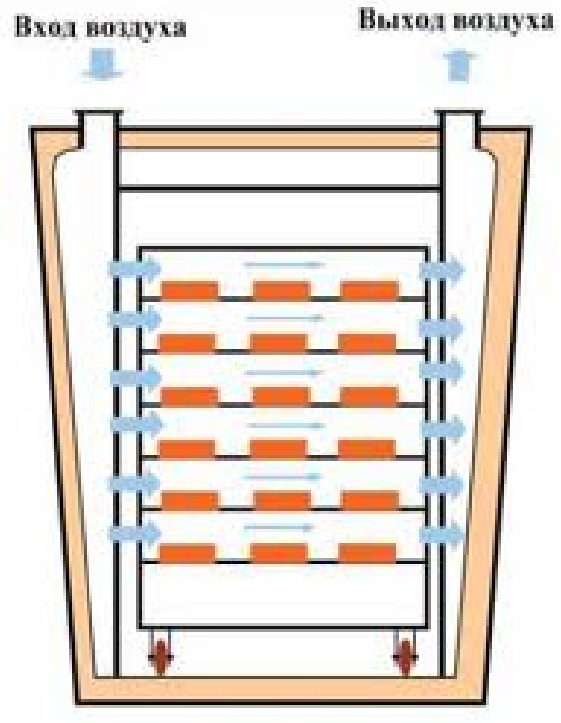
Міністерство освіти і науки України
Мирогощанський аграрний коледж



Методичні
рекомендації
з дисципліни
«Основи теплотехніки і гідравліки»

Тема: Застосування холоду в сільському господарстві

План лекції:

1. Споживачі холоду в сільському господарстві.
2. Фактична суть і способи охолодження.
3. Основи одержання штучного холоду.
4. Класифікація холодильних установок.
5. Холодильні агенти, основні властивості і вимоги до них.
6. Схема компресійної холодильної установки.

Мета:ознайомитись з основними споживачами холоду в сільському господарстві, зрозуміти фактичну суть і способи охолодження; вивчити за допомогою яких машин отримують холод та їх класифікацію.

Матеріальне забезпечення: методичні рекомендації до вивчення даної теми, плакати, підручник**.**

Використана література:

1. Черняк О.В., Рибчинська Г.Б. **Основи теплотехніки і гідравліки**. - Київ: Вища школа, 1982р.-223с.

2. Драганов Б.Х., Бессараб О.С. **Теплотехніка**. - Київ: Фірма «ІНОКС», 2005.-400с.

3. Дідур В.А., Стручаєв М.І. **Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві**. - К.:Аграрна освіта, 2008.-233с.

4. Драганов Б.Х., Міщенко А.В., Борхаленко Ю.О., **Основи теплотехніки і гідравліки:** Навчальний посібник /За ред. Б.Х. Драганова. **-** Київ.: Аграрна освіта , 2010. – 495 с.

Споживачі холоду а сільському господарстві

Холод застосовується в багатьох технологічних процесах переробки сільськогосподарської продукції. Завдяки холодильникам значно скорочуються втрати при зберіганні продукції. Істотно, що охолоджені продукти можуть транспортуватися на великі відстані.

Молоко, призначене для переробки або реалізації, як правило, попередньо охолоджують. Для відправлення на підприємства молочної промисловості молоко необхідно зберігати не більше 20 год з температурою пе вище 10 °С.

У сільському господарстві охолодження м'яса в основному здійснюють на птахофабриках. На практиці використовують наступні способи охолодження

тушки: у повітрі, холодній воді, у воді з льодом, ідо тане, і зрошенням холодною водою.

Повітряне охолодження тушок здійснюють у холодильниках при температурі 0...-1 °С і відносній вологості повітря 95 %.

При охолодженні тушок птиці водою використовують один з трьох способів: занурення, зрошення і комбінування зазначених методів. При першому способі процес охолодження відбувається при температурі води 0...2 °С, а його тривалість складає від 0,3 до 0,7 год. При зрошувальному охолодженні тушки птиці омиваються водою, яка розпилюється форсунками. Більш економічним є комбінований спосіб, при якому спочатку тушки омивають холодною водою з форсунок протягом 10...15 хв, а потім занурюють їх у холодну воду з температурою 1...2 °С на 25 хв. Охолоджене м'ясо зберігають у холодильниках при температурі 0...2 °С і відносній вологості повітря 80...85 %. Тушки можуть зберігатися до 5 діб.

Підморожування м'яса птиці здійснюють або холодним повітрям, або зануренням у холодний розсіл. Повітряне підморожування здійснюють при температурі повітря в холодильних камерах від -23 до -25 °С і швидкості руху повітря 3...4 м/с. Тривалість — 2...З год. Для підморожування зануренням у розсіл застосовують розчини хлористого кальцію або пропіленгліколю з температурою від -10 °С і нижче. Тривалість підморожування — 20...25 хв.

Заморожування м'яса, призначеного для тривалого зберігання, здійснюється тими ж способами, що і підморожування. Заморожування повітрям відбувається при температурі охолоджувального повітря від -ЗО до -40 °С; при заморожуванні в розсолі температура розчину дорівнює -25...-28 °С. Збереження замороженого м'яса птиці здійснюється при температурі не вище -12 °С і відносній вологості 85...95 %. Граничний термін збереження — один рік.

Яйця зберігають у холодильниках при температурі від -1 до -2 °С і відносній вологості 85...88 %. Після охолодження до 2...З °С їх поміщають у камеру схову. Знаходить застосування збереження яєць в атмосфері вуглекислого газу або азоту, що дозволяє значно збільшити термін зберігання.

Фрукти й овочі охолоджують у стаціонарних сховищах. Плодово-овочеву продукцію зберігають у холодильних камерах з охолоджувальними батареями, у яких циркулює холодний агент або розсіл.

У системах з повітряним охолодженням, спочатку охолоджується повітря, яке потім вентиляторами нагнітається в камери схову. У змішаних системах продукти охолоджуються холодним повітрям і від батареї.

КРИЖАНЕ І ЛЬОДО-СОЛЯНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ

Льодовники. Для збереження харчових продуктів часто використовують льодовники. Розрізняють льодовники з нижнім, верхнім і бічним розміщенням льоду. У першому випадку продукти укладають безпосередньо на лід. Недолік цього типу льодовника — забруднення продуктів від дотику з льодом.

У льодовниках з верхнім розташуванням льоду над камерою споруджують перекриття, на яке кладуть лід. Вода від танення льоду стікає по трубі. У камері

зберігаються продукти, холодне повітря надходить униз, а тепле повітря від продуктів — нагору.

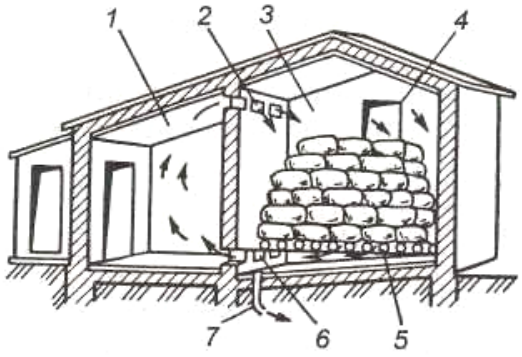


Рис. 29.1. Льодовик з бічним розташуванням льоду:
1 — камера для збереження продуктів;
2 і 6 — отвори для циркуляції повітря;
3 — льодоприміщення; 4 — люк для завантаження льоду; 5 — піддон; 7 — труба для відводу води від льоду

Найбільш досконалі льодовники з бічним розташуванням льоду (рис. 29.1). Розташовані поруч льодосховище і камера для продуктів відокремлені один від одного ізольованою стіною. Вгорі і внизу є отвори 2 і 6 для циркуляції повітря. Талу вод відводять за допомогою схилів у підлозі і приямку з водовідводіюю трубою 7. Танбур споруджують з північного боку.

Льодо-соляне охолодження. У пристроях льодо-соляного охолодження для одержання холоду використовують суміш льоду із сіллю, що дозволяє досягти в камері, де зберігаються продукти, температури 0 °С і нижче.

Температура танення суміші льоду і солі залежить від складу солі і її концентрації. Мінімальна температура досягається при визначеній концентрації, названої ***евтектичною***. При використанні кухонної солі мінімальне значення температури танення суміші дорівнює -21,2 °С; при використанні хлористого кальцію -55 °С.

Холодильники з льодо-соляним охолодженням обладнані спеціальними ґратчастими кишенями або металевими резервуарами, у яких знаходиться охолоджуюча суміш**.** На практиці використовують холодильники з розсільним охолодженням (рис. 29.2). У камері 1, де розташовані продукти, встановлюють охолоджувальні батареї 2, всередині яких циркулює холодний розсіл, що подається насосом 3. Холодний розсіл одержують у баці-генераторі холоду 7.
Солеконцентратор 8 служить для підтримки необхідної концентрації розсолу. Більш простими є установки розсольного охолодження, у яких циркуляція забезпечується завдяки різниці густини розсолу внаслідок зміни його концентрації на різних ділянках установки (рис. 29.3).

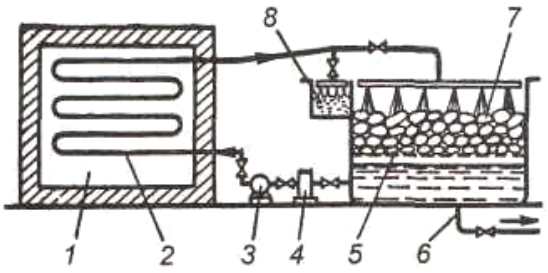


Рис. 29.2. Схема розсільного охолодження: 1 — охолоджуване приміщення; 2 — охолоджуюча батарея; 3 — насос; 4 — фільтр; 5 — ґрати; 6 — зливна труба; 7 — генератор холоду; 8 — солеконцентратор

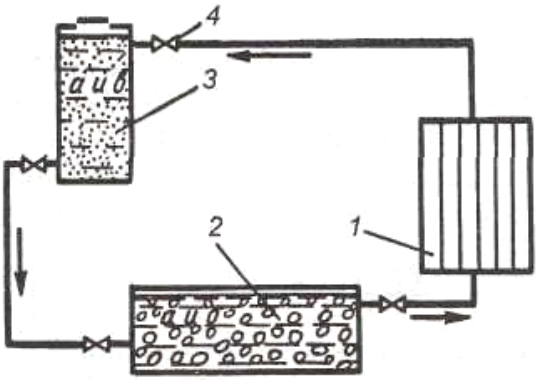


Рис. 29.3. Схема установки розсільного охолодження з природною циркуляцією: 1 — охолоджувавльна батарея; 2 — генератор холоду; 3 — концентратор розсолу; 4 — вентиль; а — розсіл; б — лід; в — сіль

Найбільшу густину розсіл має в концентраторі 3, де він насичується сіллю. У генераторі холоду 2 концентрація розсолу падає внаслідок його розведення водою. Різниця густини суміші в концентраторі 3 і генераторі холоду 2 створює силу, що переміщає розсіл з генератора 2 до батареї 1. В охолодженій батареї 1 через підігрів густина розсолу знижується, чим забезпечується його підйом до концентратора 3.

Машинне охолодження

Споруди, призначені для охолодження, заморожування і збереження продуктів, називають **холодильниками**. Холодильники, обладнані холодильними машинами, називають ***холодильниками з машинним охолодженням***. Холодильна машина складається з комплекту устаткування, необхідного для здійснення холодильного циклу.

Фізичне тіло, за допомогою якого здійснюється холодильний цикл, називається робочим тілом або ***холодильним агентом***.

До холодильних агентів пред'являють ряд вимог:

1. При атмосферному тиску вони повинні мати низьку температуру кипіння.
2. Холодильний агент повинний бути нешкідливим для здоров'я людини.
3. Невибухонебезпечним.
4. Мати хімічну інертність до металу і мастильних матеріалів.

Важливий його показник — питома холодильна потужність.

У холодильних машинах в якості холодильного агента знаходять застосування аміак і хладони — галогенопохідні насичених вуглеводнів (C_n, H_x, F_y, Cl_z, $Br_л$). Скорочене позначення холодильного агента будується за формою ***RN***, де ***R*** — символ, що позначає холодильний агент, ***N*** — номер хладона.

Аміак ***NHз*** (міжнародний індекс ***R-717)*** при тиску 0,1 МПа кипить при температурі -33,35 °С. Питома теплота його пароутворення при t= -15 °С — 1310 кДж/кг. Аміак можна використовувати для охолодження до температури -70 °С.

До недоліків аміаку слід віднести його отруйність (задушливий запах) і горючість.

Хладон-12 (***CF_2Cl_2***- індекс ***R-I2)*** — один з найбільш поширених холодильних агентів. Температура його кипіння при тиску 0,1 МПа —29,8 °С. Питома теплота пароутворення при температурі *t=-15* °С — 159,3 кДж/кг.

Хладон-22 (***CHF_2Cl_1*** індекс ***R* —22**) при тиску 0,1 МПа кипить при температурі -40,8 °С. Питома теплота паротворення при t=—15 °С — 215,8 кДж/кг.

Хладони ***R -12 і R -22*** не мають запаху, не впливають на продукти. Вони мають високу текучість і тому треба приділяти особливу увагу герметичності з'єднань трубопроводів.

У холодильній техніці охолодження продукції здійснюється в холодильній камері безпосередньо холодильним агентом. Якщо це технічно реалізувати важко, охолодження об'єкта здійснюють за допомогою холодоносія. У якості таких використовують розчини солей ***NaCl, $CaCI_2$, M_gCl_2***.

У сільському господарстві знайшли застосування парокомпресійні та абсорбційні холодильні машини. Будова і принципи роботи цих машин викладені в главі 7.

Холодильні установки

Хладонові й аміачні холодильні машини, призначені для охолодження молока на фермах, м'яса на птахофабриках, фруктів і овочів у сховищах як з безпосереднім, так і з розсольним охолодженням.

Холодильні установки, які використовуються на молочних фермах, обладнані акумулятором, так званим танком, призначеним для акумулювання холоду в проміжках між доїннями. Ці установки працюють в автоматичному режимі. Для охолодження молока на фермах застосовують холодильні установки МХУ-8с, ТОМ-2А, КСА-500, СМ-1200, УВ-10, АВ-30 та ін. На великих фермах використовують холодильні установки АВ-22, АУ-45 з розсольним охолодженням.

Холодильна машина МХУ-8с забезпечує охолодження молока за 2 год з урахуванням акумуляції холоду (наморажування льоду на пластинах випарника). Тривалість акумуляції холоду 5 годин. У такий спосіб тривалість усього циклу охолодження — 7 годин. Кількість намороженого льоду на панелях випарника — 450+50 кг. Холодильна потужність установки — 9,3 кВт.

Схема холодильної установки МХУ 8с приведена на рисунку 29.4. Холодильний агент, що циркулює у випарнику 13, відбирає теплоту від води у баку 2. Пара, що утворилася при кипінні хладона, проходить через теплообмінник 10, де вона

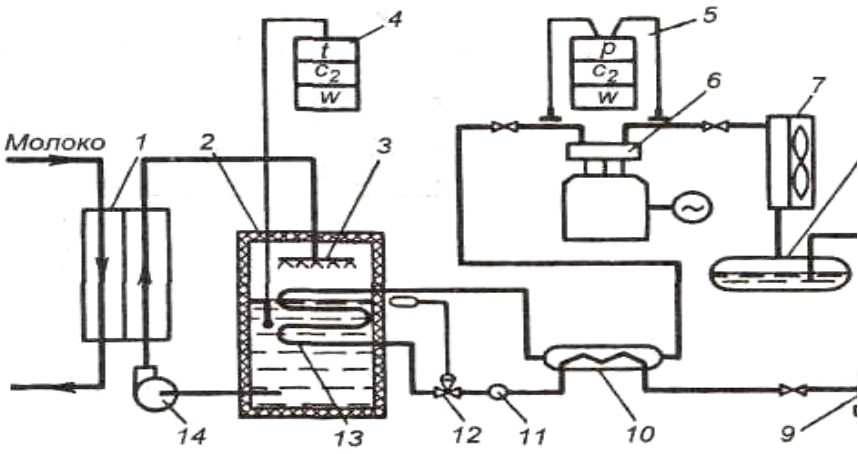


Рис. 29.4. Схема холодильної установки МХУ-8с: 1 — охолоджувач молока; 2 — бак для охолодження води; 3 — колектор; 4 — реле температури; 5 — реле тиску; 6 — компресор; 7 — конденсатор з повітряним охолодженням; 8 — ресивер; 9 — фільтр-осушувач; 10 — теплообмінник; 11 — оглядовий пристрій; 12 — терморегулюючий вентиль; 13 — випарник; 14 — насос

додатково нагрівається рідким хладоном, що надходить з ресивера 8 і має вищі тиск і температуру, ніж пара хладона після випарника 13. Пари хладона відсмоктуються поршневим двоциліндровим компресором ФВ—6. Стиснуті в компресорі пари хладоагента (при цьому їхня температура підвищується до 70...80 °С) нагнітаються в конденсатор 7, зовнішня поверхня якого обдувається навколишнім повітрям за допомогою вентилятора. Рідкий хладон надходить у ресивер 8, а потім у фільтр-осушувач 9, де він, проходячи через силікагель і фільтр, звільняється від вологи і забруднень. У теплообміннику 10 холодильний агент, віддаючи теплоту парам хладона, додатково охолоджується. Протікаючи далі через терморегулюючий вентиль 12, хладон дроселюється. При цьому знижується як тиск, так і температура холодильного агента (дросель ефект має позитивне значення). Тим самим хладон набуває здатність кипіти при низьких температурах. З терморегулюючого вентиля 12 він надходить у випарник 13 і цикл повторюється. Холодна вода з бака акумулятора 2 насосом 14 подається в охолоджувач молока 1.

Ступінь охолодження (величину зниження температури хладона в процесі дроселювання) установлюють терморегулюючим вентилем 12.

Для регулювання товщини льоду на пластинах випарника в установці передбачено реле температури 4. Реле тиску 5 служить для захисту від надмірного підвищення тиску в конденсаторі.

Танк-охолоджувач молока ТОМ-2А холодильною потужністю 13,9 кВт призначений для охолодження і зберігання молока на фермах. Ним обладнують молочно товарні ферми на 200, 400 і 600 голів.

Танк-охолоджувач молока СМ-1200 конструктивно мало відрізняється від охолоджувача молока ТОМ-2А. Для охолодження молока використовують установку КСА-500 (входить у комплект доїльної установки «Імпульс») і установкуМК-2000Л-2А (на 2000 л молока). Середня холодильна потужність установки КСА-500 - 8,8...9,0 кВт, а МК-2000 - 13,4 кВт на 1000 л молока.

Установки УВ—10 (холодильна потужність 11,65 кВт) і АВ-30 (холодильна потужність 35 кВт) служать для одержання холодної води, призначеної для охолодження молока при його первинній обробці на фермах.

На фермах використовують також охолоджувально пастеризаційні установки ОПФ-1 і ОПУ-ЗМ продуктивністю відповідно 1000 і 3000 л/год. У цих установках

здійснюється очищення, тонкошарова пастеризація і охолодження молока при повній автоматизації процесу.

Для охолодження холодильних камер і зберігання продуктів, у тому числі в їдальнях і буфетах, використовують хладонові автоматичні холодильні машини типу ФАК, а саме: ФАК~0,7; ФАК-1.1Е, ФАК-1.5М і ФАК-0.7АВ холодильною потужністю 0,814... 1,745 кВт. Вони працюють з різними за розмірами випарними батареями в діапазоні температур від -ЗО °С до +5 °С при температурі навколишнього повітря до +40 °С. Агрегат ФАК~0,7АВ відрізняється тим, що його конденсатор охолоджується водою.

Більш великі холодильні камери обладнані холодильними агрегатами типу ІФ Холодильна машина ІФ—49 з водяним, а машина ІФ—56 — з повітряним охолодженням. Холодильна потужність обох машин у стандартному режимі 3,5 кВт. В овоче- і фруктосховищах використовують хладонові холодильні машини типу ХМ-22-ФВ-22/1, ХМ-22-ФВ-22/11, ХМ-22-ФУ-45/1, ХМ-22-ФУ-45/11". ХМ-22-ФУУ-90/1 та інші, які працюють на холодильних агентах і?-12 і *К-22.*

Ці машини бувають двох модифікацій: І — з частотним обертанням колінчастого вала компресора 24 с~* і ІІ — з частотним обертанням 16 с і їх використовують як з безпосереднім батарейним, так і з розсольним охолодженням. Холодильні машини працюють при температурі кипіння хладона від -45 °С до +5 °С і температурі охолоджувальної води від 1 до ЗО °С.

Схема холодильної машини ХМ-ФВ-20 показана на рисунку 29.5. Після компресора 9 пара холодильного агента надходять у конденсатор 12, де вона охолоджується і конденсується. Після додаткового охолодження в теплообміннику 14 через фільтр-осушувач 16, соленоїдний вентиль 18 і терморегулюючий вентиль 19 вона надходять у випарник 1. З випарника 1 пара холодильного агента відсмоктуються компресором 9. На шляху від випарника 1 до компресора 9 пара

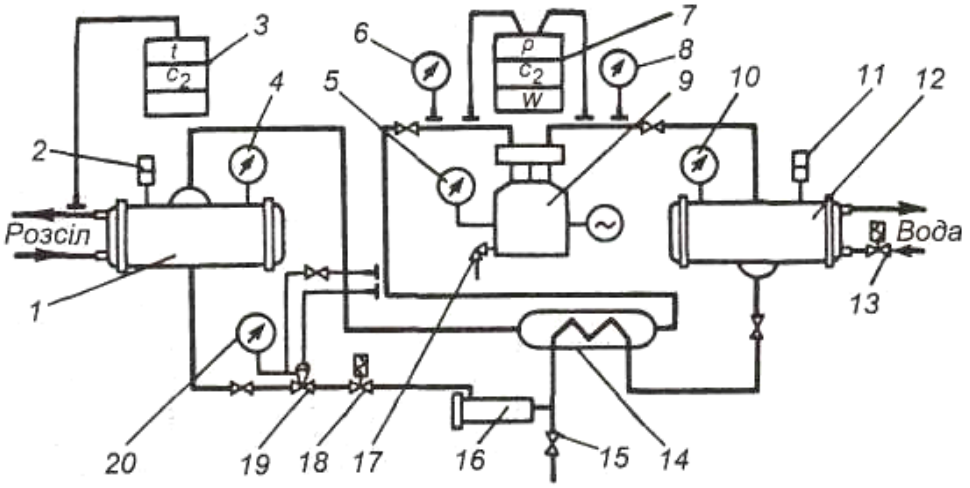


Рис. 29.5. Схема холодильної машини типу ХМ–ФВ–20:
1 — випарник; 2 і 11 — запобіжні клапани; 3 — реле температури; 4, 6 і 20 — мановакуометри; 5, 8 і 10 — манометри; 7 — реле тиску; 9 — компресор; 12 — конденсатор; 13 і 18 — соленоїдні вентилі; 14 — теплообмінник; 15 — вентиль для заправлення холодоагентом; 16 — фільтр-осушувач; 17 — вентиль для зливу мастила; 19 — терморегулюючий клапан

підігріваються в теплообміннику 14 за рахунок теплоти рідкого холодильного агента, що надходить з конденсатора 12.

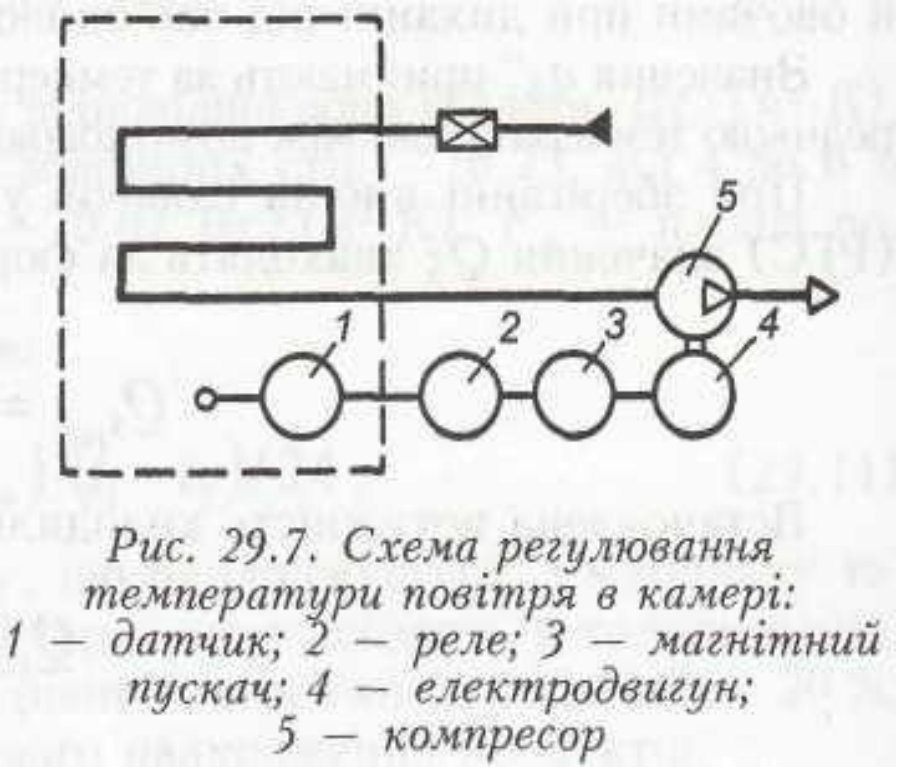


Рис. 29.7. Схема регулювання температури повітря в камері: 1 — датчик; 2 — реле; 3 — магнітний пускач; 4 — електродвигун; 5 — компресор

Для охолодження сільськогосподарської продукції, крім хладонових, застосовують також аміачні холодильні машини ХМ-АВ-22/1-11, ХМ-АУ-45/1-11, ХМ-АУУ-90/1-11. їх застосовують для охолодження молока на великих фермах, м'яса на птахофабриках, а також для охолодження фруктів і овочів у сховищах.

При водному охолодженні конденсатора використовують як прямоточну, так і оборотну систему подачі води. У першому випадку охолоджувальна вода скидається в каналізацію, у другому — вона проходить через градирню, де охолоджується в результаті теплообміну з повітрям, після чого знову подається в систему охолодження конденсатора.

Як приклад наведене планування одноповерхового холодильника для заморожування і зберігання плодово-ягідної продукції (рис. 29.6). Місткість холодильника 1300 т. У холодильнику передбачено: три камери 6 для зберігання сировини, чотири камери 5 для зберігання замороженої продукції і одне морозильне відділення 3. У холодильнику є компресорне відділення 2, підсобні і побутові приміщення 10 і залізнична платформа 1.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

Основний параметр, що характеризує роботу холодильної установки — температура і тому вона є основним параметром регулювання. Температуру повітря в камері регулюють впливом на холодильну потужність випарника і на компресор. На рисунку 29.7 приведена схема регулювання температури в одновипарних системах, що здебільшого знаходять застосування в сільському господарстві. Зміна температури повітря в камері сприймається датчиком 1 реле температури 2, яке дає команду магнітному пускачеві 3 на пуск або зупинку електродвигуна 4 компресора 5 (в залежності від того, нижче або вище необхідного значення температури повітря). Застосовують також систему регулювання температури повітря в камері за допомогою реле тиску, що реагує на тиск кипіння холодильного агента.

Малі холодильні установки обладнані повною уніфікованою системою автоматизації, якою регулюється температура повітря, перегрів пари, а іноді і тиск її конденсації.

ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ
ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ

Холодильні установки призначені для штучного охолодження. Вони набули широкого застосування в багатьох галузях народного господарства *(в* харчовій та хімічній промисловості, в будівельній техніці, на транспорті, в побутових холодильниках тощо).

Холодильна установка є *оберненою теплосиловою установкою.* Коли в теплосиловій установці робоче тіло здійснює роботу, то в холодильній установці для вироблення холоду *робота витрачається* на відбирання тепла від холодного тіла і передання гарячому. Таке перенесення теплоти здійснюється з допомогою робочого тіла, яке в холодильній установці здійснює зворотній коловий цикл. Ідеальним циклом холодильних установок є зворотний цикл Карно.

Низьких температур досягають різними методами. Зокрема, використовується *властивість рідини охолоджуватись під час дроселювання* від високого тиску до низького і поглинати теплоту під час випаровування. Установки, що працюють за цим принципом, називають *паровими компресійними установками.* Як робоче тіло в таких холодильниках застосовують легкокиплячі рідини: аміак,фреон, вуглекислоту, сірчистий ангідрид та ін. їх називають *холодильними агентами (холодоагентами).*

Холодоагенти повинні мати здатність під час випаровування поглинати велику кількість теплоти, мати малі питомі об'єми пари; вони не повинні розкладатися й реагувати з металом холодильної установки, а також мають бути нешкідливі при використанні їх у харчових холодильних машинах. Найбільш

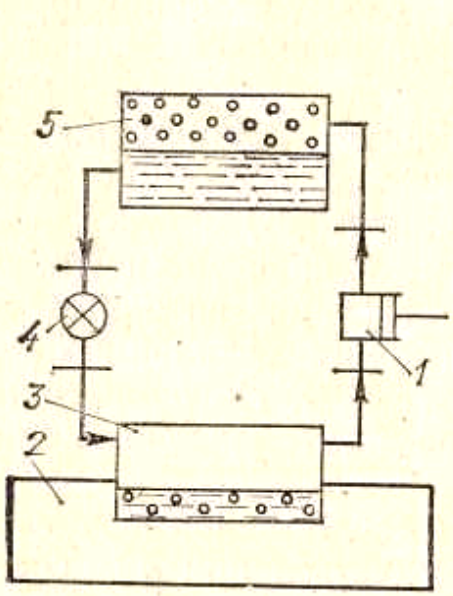
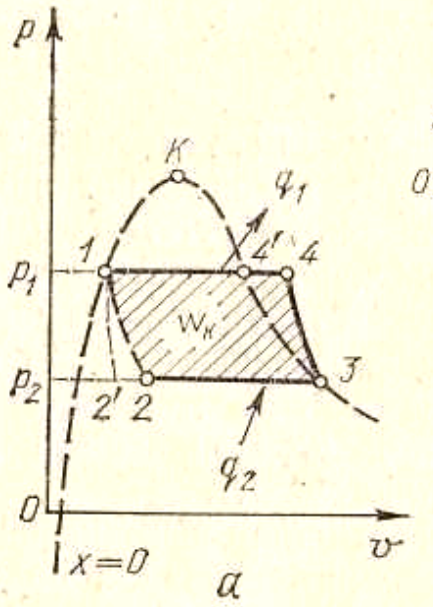


Рис. 24.1. Схема холодильної компресійної установки.



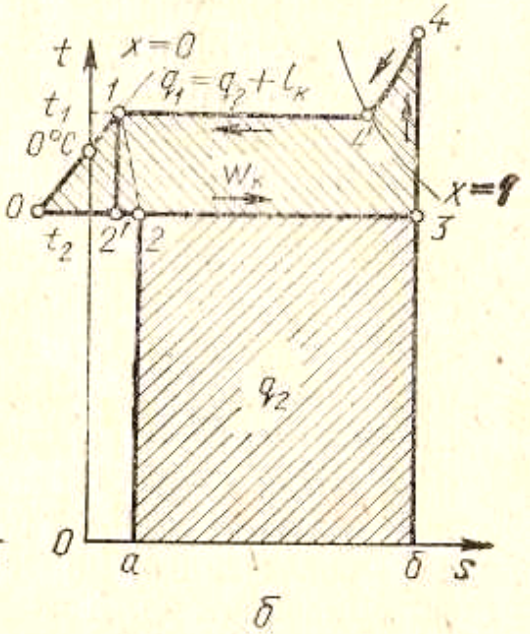


Рис. 24.2. Цикл холодильної установки: *а* — на *pv*-діаграмі; *б* — на *Ts*-діаграмі.

поширеними холодильними агентами є аміак і фреони[1]. Фреони мають дуже важливі експлуатаційні переваги перед аміаком, проте аміак має більшу теплоту пароутворення, ніж фреони. Це означає, що 1 кг аміаку здатний відібрати більше теплоти q_2, ніж 1 кг фреону. Проте аміак отруйний, і його витікання небезпечне. Тому в кожному окремому випадку вибирають відповідний до умов холодильний агент, враховуючи його властивості.

В установках другого типу використовується адіабатне розширення якого-небудь газу, наприклад повітря, при цьому температура газу знижується, і він може використовуватись як джерело вироблення холоду. Такі установки, в яких не відбувається зміни агрегатного стану робочого тіла, називають *газовими.*
І в паровій, і в газовій установках підвищення тиску робочого тіла здійснюється в компресорі, тому вони мають загальну назву — *компресійні.*

У деяких-холодильних установках роль компресора виконує особлива хімічна речовина абсорбент. Такі установки називають ***абсорбційними***.
Розглянемо роботу компресійних та абсорбційних холодильних установок.

ПРИНЦИП РОБОТИ КОМПРЕСІЙНОЇ УСТАНОВКИ

На рис. 24.1 подано схему холодильної компресійної установки. В холодильній камері 2. за допомогою холодоагента підтримується усталена температура. Для того щоб холодоагент міг відібрати теплоту від холодильної камери, тобто охолодити її, він повинен мати температуру, нижчу від температури охолоджуваної камери. Температуру холодоагента знижують, пропускаючи його через дросельний клапан *к4.* Під час дроселювання холодоагент переходить у стан вологої насиченої пари і в такому стані надходить до трубок випарника *3* холодильної камери.

[1] Фреони — це хімічні сполуки, що утворюються заміщенням у вуглеводневих сполуках атомів водню атомами хлору чи фтору.
**** Абсорбція — поглинання, всмоктування речовини всім об'ємом тіла, що вбирає — абсорбенту.***

Перебуваючи в термічному контакті з охолоджуваними тілами холодильної камери, холодоагент, відбираючи від них теплоту, випаровується і, охолоджуючи таким чином камеру, видаляється з неї у вигляді майже сухої пари.
Проте до камери весь час потрапляє теплота. Це відбувається тоді, коли камера відкривається для завантаження та розвантаження речей, призначених для охолодження. Теплота також надходить до камери із завантажуваними в неї речами, які мають температуру вищу, ніж температура камери. І нарешті, теплота потрапляє .до камерикрізь недосконалу ізоляцію від навколишнього середовища. Тому для утримання в холодильній камері сталої температури треба безперервно відводити всю теплоту, яка надходить до неї.

Щоб використаний холодоагент можна було знову спрямувати до холодильної камери для її охолодження, його треба підготувати і довести до стану

вологої насиченої пари. Для цього холодоагент, що вищиов з випарника, спрямовують до компресора *1,* де він стискається до стану перегрітої пари.

Перегріта в компресорі пара спрямовується до конденсатора 5, там вона охолоджується, потім конденсується і в стані вологої насиченої пари знову надходить у дросельний клапан, і цикл повторюється.

Розглянемо робочий цикл компресійної холодильної установки на ***pv***- і ***Ts*** - діаграмах (рис. 24.2). Припустимо, що в холодильній камері з уміщеними в ній речами встановлено певну температуру, нижчу від 0° С, яку треба підтримувати сталою. Розглянемо цикл підготовки робочого тіла (наприклад, аміаку), призначеного для охолодження холодильної камери. Припустимо також, що рідкий аміак у точці *1* (рис. 24.2, *а* і *б)* має параметри $t_1 p_1$ і ступінь сухості $x = 0$. Температуру аміаку знижують з t_1 *до* t_2 пропускаючи його через дросельний клапан. Під час дроселювання аміак переходить у стан вологої насиченої пари із ступенем сухості близько 0,1. Тиск його при цьому знижується від p_1 до p_2- Процес дроселювання на ***pv***- і ***Ts*** - діаграмах зображується лінією *1—2.* Під час розширення робочого тіла в розширювальній машині з віддаванням питомої роботи процес проходить по-лінії *1—2'.*

Після дросельного клапана аміак надходить до випарника холодильної камери, де він з $p_2 = const$ і $t_2 = const$ дістає питому теплоту q_2. Процес відведення питомої теплоти холодильної камери відбувається по лінії *2—3* з підвищенням питомої ентропії ***S*** і питомого об'єму ***V*** (аміак, відбираючи теплоту від холодильної камери, випаровується й розширюється). Процес охолодження камери триває доти, поки вся рідина практично не перетвориться на пару (точка *3):* У цьому стані ступінь сухості пари $\chi \approx 1$. Пара має ту саму величину-питомої ентропії, що й суха насичена пара з більш високою температурою t_1.

Залишаючи холодильну камеру, кожний кілограм аміаку виносить з собою питому теплоту q_2, яка чисельно дорівнює пл. ***2аб32*** (рис. 24.2, *б).* З випарника аміак спрямовується до компресора, де стискається при $S = const$ (адіабатно) до стану перегрітої пари з тиском p_1 і температурою t_1 (точка 4). На стискання 1 кг пари витрачається питома робота $\omega_к$, яка дорівнює різниці питомих ентальпій пари після компресора i_4 і до нього i_3, тобто. $\omega_к = i_4 — i_3$. На ***pv***- діаграмі ця робота вимірюється пл. *12341,* а на ***Ts*** - діаграмі питома робота компресора $\omega_к$ відповідає пл. *14'4301.*

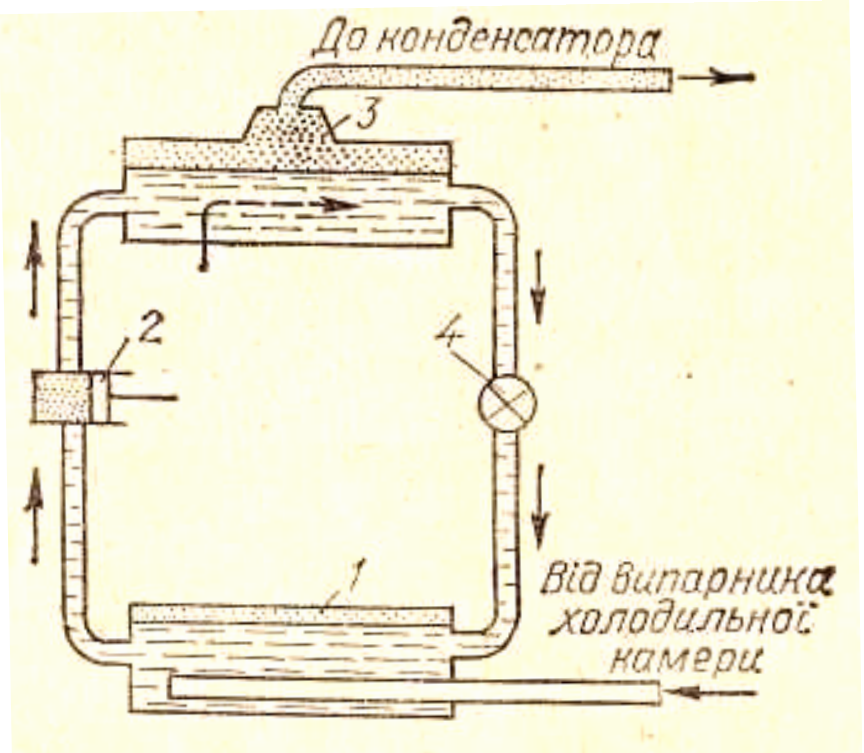


Рис. 24.3. Схема абсорбційної холодильної установки.

Перегріта в компресорі пара з параметрами точки ***4*** спрямовується до конденсатора. Там вона спочатку охолоджується при ***p = const*** (лінія *4—4')* до температури насичення t_1 (точка *4'),* а потім конденсується (лінія *4'*—1) із сталими температурою і тиском. Питома теплота $q_1=q_2+\omega_к$, що виділяється при цьому, відбирається середовищем, яке охолоджує трубки конденсатора. Як навколишнє середовище використовують навколишнє повітря чи воду, що мають температуру 15...20°С. З конденсатора аміак знову спрямовується до дросельного клапана, і цикл повторюється.

ПРИНЦИП РОБОТИ АБСОРБЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Абсорбційна установка так само, як і компресійна, має в своєму складі конденсатор, дросельний вентиль і холодильну камеру з випарником. Замість компресора до установки включено три агрегати (рис. 24.3): абсорбер 1, насос *2* і кип'ятильник *3*.

Цикл абсорбційної установки проходить по такій схемі. Спрацьована у випарнику холодильної камери суха насичена пара спрямовується з нього до резервуара-абсорбера *1,* заповненого речовиною-абсорбентом, здатним поглинати (розчинювати) пари аміаку. Найдешевшим і найзручнішим абсорбентом є вода, яка утворює з аміаком водно-аміачний розчин. Процес розчинення аміаку в воді супроводжується виділенням теплоти. Підвищення температури розчину може спричинити зворотну дію — випаровування аміаку. Тому абсорбція пари водою повинна відбуватись з відведенням теплоти з абсорбера.

Добутий в абсорбері концентрований розчин аміаку подається насосом *2* до кип'ятильника *3,* де він підігрівається теплотою, підведеною ззовні. Оскільки температура кипіння аміаку нижча від температури кипіння води, то він випаровується першим. Пара аміаку спрямовується до конденсатора,а потім через дросельний вентиль до випарника холодильної камери. Слабкий водно-аміачний розчин, що залишився в кип'ятильнику, через вентиль *4* повертається до ябсорбе-ра. Таким чином, в абсорбційній установці процес стискання пари в компресорі замінено трьома процесами: 1) абсорбцією пари водою в абсорбері, 2) стисканням

утвореного розчину насосом і 3) нагріванням розчину в кип'ятильнику для добування пари аміаку.

Контрольні питання

1.Укажіть на способи і режими охолодження сільськогосподарської продукції (молока, м'яса, яєць, фруктів, овочів).

2.Викладіть особливості крижаного і льодо-соляного охолодження. Приведіть відповідні схеми.

3.Як визначають розрахунковим шляхом витрати холоду і льоду в льодовнику?

4.Як обчислюють площу поверхні металевих резервуарів і ґратчастих кишень при льодо-соляному охолодженні?

5.Приведіть схему парової компресійної й абсорбційної холодильної установки. Що таке холодильна потужність холодильної установки? Як розраховують значення холодильного коефіцієнта?

6.Дайте характеристику холодильним агентам. У чому полягає особливість охолодження за допомогою холодоносія?

7.Які холодильні установки застосовуються в сільському господарстві? Викладіть їхні основні характеристики.

8.Планування холодильника. Холодильні машини, що встановлюють у холодильниках.

9.Викладіть метод визначення холодильної потужності. Як визначають члени рівняння теплового балансу холодильної установки? Як вибирають холодильну машину?

10.Викладіть основні принципи автоматизації холодильних установок.