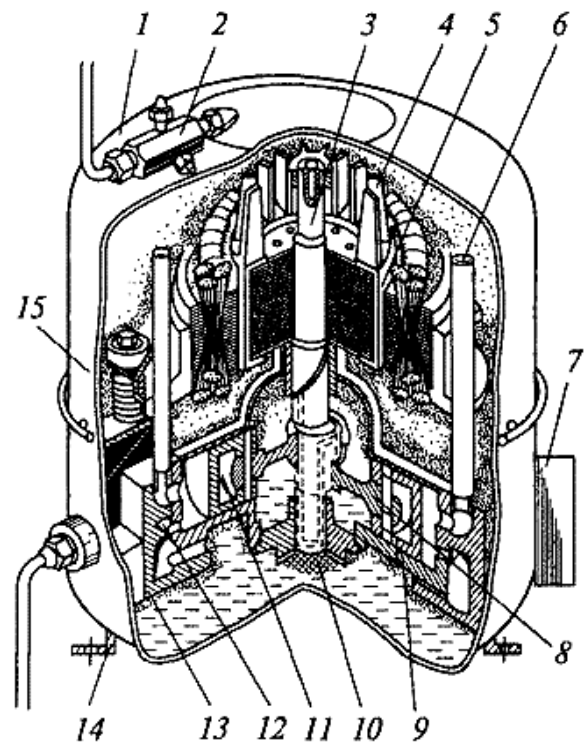
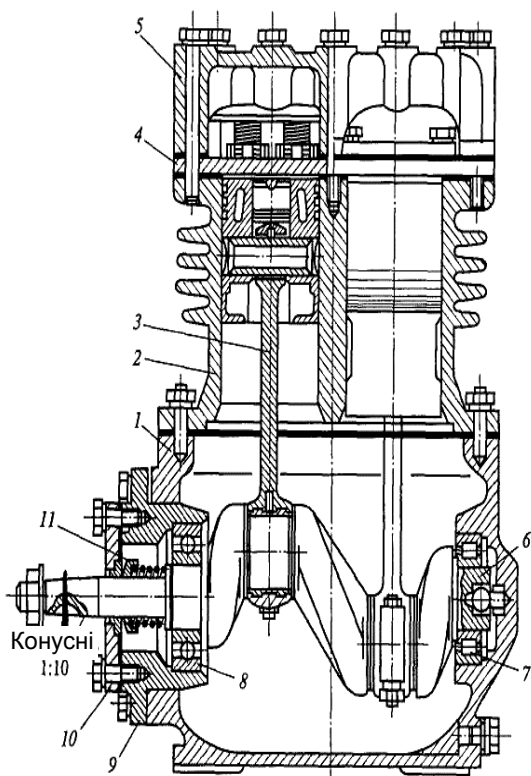


ПРАКТИКУМ З КУРСУ «ХОЛОДИЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ»

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

$$q = \frac{1}{F} \int_F q_n dF$$

$$dQ = -n_0 \lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF,$$



$$q = -n_0 \lambda \frac{\partial t}{\partial n}.$$

Ялпачик В.Ф., Стручаєв М.І., Ялпачик Ф.Ю., Практикум з курсу «Холодильне устаткування»: Навчальний посібник. Мелітополь, 2014 – 111 с.

Мета посібника – надати методичну допомогу викладачам і студентам факультетів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації при вивченні навчальної дисципліни «Холодильне устаткування».

Рецензенти: зав. кафедри технології зберігання та переробки с/г продукції Дніпропетровського державного аграрного університету, доктор технічних наук, професор **Ю.О. Чурсінов**

декан факультету механізації виробництва і технології переробки с.-г. продукції ПФ НУБіП України «Кримський агротехнологічний університет», доктор технічних наук, доцент **Ю.Б. Гербер**

Рекомендовано Міністерством аграрної політики та продовольства України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (лист № 37-128-13/25857 від 17.12.2013)

Ялпачик В.Ф., Стручаєв М.І.,
Ялпачик Ф.Ю.

Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2014

ВСТУП

Дисципліна «Холодильне устаткування» є заключною у цілому ланцюгу дисциплін професійно-практичної підготовки фахівця технічного напрямку.

Сформована ситуація в економічному секторі нашої країни призвела до появи й створення цілої програми зі зміни всієї структури переробної галузі України, тобто створення цілої мережі малих і середніх переробних підприємств безпосередньо як у самих господарствах, що виробляють сільськогосподарську сировину, так і у великих об'єднаннях. Передбачається розширення нових і реконструкція діючих підприємств, а також оснащення їх новим високопродуктивним обладнанням.

У зв'язку з цим перед інженерами виникають нові і складні задачі вдосконалення технології, впровадження штучного холоду, зниження енерговитрат, експлуатації нового (зокрема, закордонного) холодильного обладнання, які є одними з профільюючих при підготовці інженерів-механіків переробного виробництва.

У результаті вивчення даної дисципліни студент повинен знати: перспективи розвитку холодильного устаткування України, загальні принципи аналізу процесів і холодильного устаткування переробних підприємств, види сучасного холодильного устаткування, будову, принцип дії та правила ефективної експлуатації холодильного устаткування, методи розрахунку окремих вузлів холодильної машини, методи вибору систем охолодження камер і холодильної машини в цілому, методи економії енергетичних ресурсів та підвищення економічної ефективності холодильного обладнання. При цьому, після вивчення дисципліни студент повинен вміти: обґрунтовувати вибір холодильного устаткування відповідно до технологічних вимог, забезпечити технічне обслуговування та ефективне використання холодильного устаткування.

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПАРОВОЇ КОМПРЕСІЙНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: Вивчення конструкції парової компресійної холодильної установки на прикладі побутового холодильника КХ-240.

Мета роботи: Вивчення будови і принципу дії парової компресійної холодильної установки побутового холодильника.

Час 4 год.

1 Вказівки по підготовці до роботи

1.1 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити теоретичні основи отримання холоду, цикли, $T-S$ і $h - \ln P$ - діаграми холодильних машин, властивості холодильних агентів та розрахунки основних технічних характеристик і теплообмінні апарати [5] с.199-213, [6] с.100-102.

1.2 Студенти повинні пройти інструктаж із техніки безпеки з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці.

2 Вказівки по виконанню роботи, аналізу результатів та складанню звіту

- ознайомитися зі складовими елементами герметичного компресора;
- ознайомитися із принципом дії кривошипно-кулісного механізму;
- ознайомитися із принципом дії клапанної системи та зробити її ескіз із нанесенням основних розмірів складових частин;
- по лабораторній установці холодильної машини і плакатам виконати пункти, зазначені в програмі роботи;

- за значеннями параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу, та з діаграми $h - \ln P$ побудувати цикл роботи холодильної машини. Приклад побудови циклу наведений на рисунку 1.1,б;

- оформити звіт за лабораторною роботою. Звіт повинен містити схему лабораторної установки, розрахунки основних технічних характеристик і діаграму циклу холодильної машини. Дати аналіз отриманих результатів.

3 Теоретичні основи отримання холоду

Холод – найбільш досконалий засіб, який перешкоджає розвитку різноманітних мікроорганізмів у швидкопсувних харчових продуктах. В умовах сільського господарства холод використовується не тільки для зберігання продуктів, але і в процесі їх переробки і перевезення на значні відстані. Якщо в минулому (до початку ХХ століття) людство для охолодження сільськогосподарської продукції використовувало природні засоби (лід, вода, льох), то тепер холод одержують штучно за допомогою холодильних машин.

Багато галузей виробництва та побут потребують штучного холоду. Наприклад, у процесах збереження сільськогосподарських продуктів, а також у харчових технологічних процесах необхідно підтримувати температуру на більш низькому рівні, ніж температура навколишнього середовища. Іноді потрібна трансформація теплоти з більш низького температурного рівня на більш високий. Для зниження температури тіл нижче температури навколишнього середовища і її підтримки на необхідному рівні застосовують холодильні установки. Холодильні машини, призначені для відбору теплоти з навколишнього середовища та передачі її об'єктові з більш високою температурою, називаються тепловими насосами.

Принцип дії холодильних установок і теплових насосів заснований на здійсненні робочим тілом зворотнього кругового процесу. У результаті цього теплота відводиться від охолоджуваного тіла і передається навколишньому середовищу, що має більш високу температуру.

Кількість теплоти, що відводиться від охолоджуваного тіла за одиницю часу, називається холодильною потужністю (або холодовидатністю) холодильної установки. Холодильна потужність, віднесена до 1 кг холодильного агента (робочого тіла), називається питомою холодильною потужністю холодильного агрегату. Для характеристики ефективності зворотнього циклу вводять поняття холодильного коефіцієнта ϵ_x .

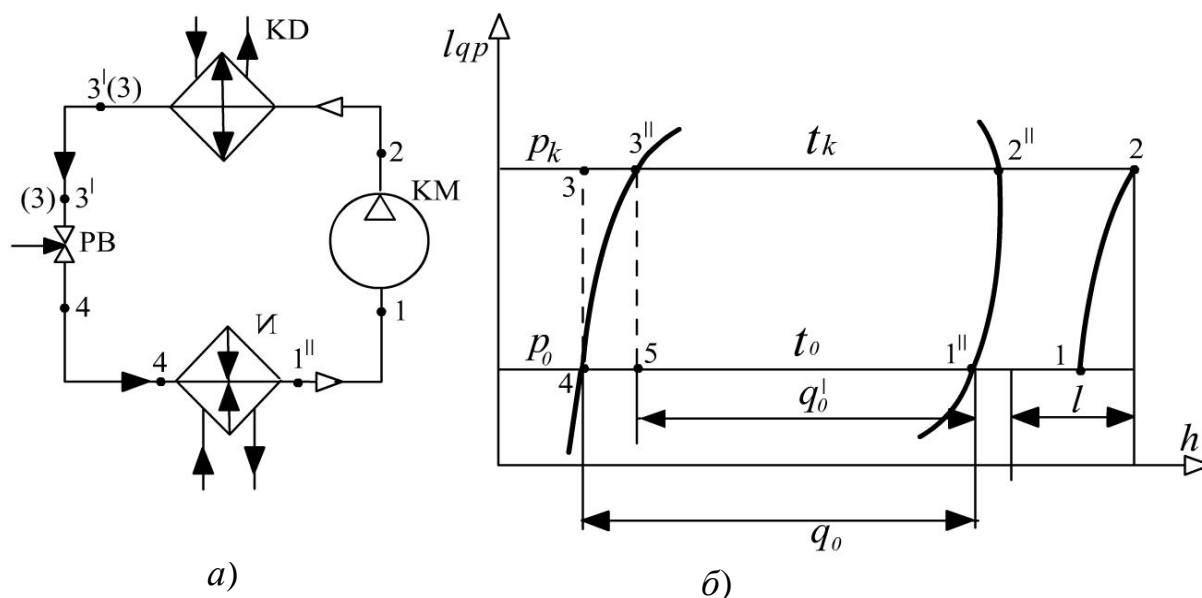
Промислове одержання штучного холоду вперше було здійснено за допомогою холодильної установки, у якій у якості робочого тіла використовувалося повітря. Істотний її недолік - мала ефективність циклу і досить обмежена сфера можливого застосування. Найбільше поширення знайшли компресійні холодильні установки, в яких компенсуюча енергія, необхідна для відбирання тепла від менш нагрітого тіла і передачі більш нагрітому, витрачається у формі механічної енергії на привод компресора. В абсорбційних установках для підвищення тиску робочого тіла використовується термохімічна компресія.

Як робочі тіла (холодильні агенти) застосовують рідини, здатні кипіти при низьких температурах (менше 0°C) і надлишковому тиску у всьому діапазоні температур холодильного циклу. Як холодильні агенти використовують хлористий метил CH_3Cl , вуглекислий газ CO_2 , аміак NH_3 і, особливо, фреони — фторхлорпохідні вуглеводів типу $\text{C}_m\text{H}_n\text{F}_2\text{Cl}$.

4 Цикл парової компресійної холодильної установки

Принципова схема установки зображена на рисунку 1.1. На цьому ж рисунку зображений її цикл у TS-координатах (цифри на схемі відповідають точкам, зазначеним на TS-діаграмі). Установка працює у такий спосіб. З випаровувача Р волога насичена пара зі ступенем сухості x_1 при тиску P_1 і температурі T_{H1} усмоктується компресором КМ і стискається адіабатно (процес 1-2) до тиску P_2 і температури T_2 . З компресора перегріта пара холодоагенту подається у конденсатор К, де, охолоджуючись водою або навколишнім повітрям, при постійному тиску P_2 перетворюється спочатку в

суху насичену пару (процес 2-3), а потім конденсується і цілком переходить у рідину (процес 3-4). Теплота q_1 , віддана робочим тілом у конденсаторі, дорівнює з урахуванням масштабу діаграми площі 2-3-4-5-5-1-2. На виході з конденсатора рідке робоче тіло, проходячи через дросель Д, дроселюється (на діаграмі цей процес умовно зображений лінією (4-5)). При дроселюванні $h_4=h_5$, а тиск падає від P_2 до P_1 . Оскільки в даному випадку коефіцієнт адіабатного дроселювання $\alpha > 0$, то температура робочого тіла падає до $T_{н1}$. У точці 5 пара вологонасичена (ступінь сухості x_5). Після дросельного клапана пара надходить у випаровувач. У результаті підведення теплоти q_2 (еквівалентній площі 5-1'-1'-5'-5) ступінь сухості пари підвищується від x_5 до x_1 і пара переходить до стану, зображуваного точкою 1 (процес 5-1).



(а) КМ - компресор; И - випаровувач; РВ - дросельний клапан; КД - конденсатор; (б) цикл її роботи в $h - lgp$ координатах.

Рисунок 1.1 - Схема парової компресійної холодильної установки

Холодильний коефіцієнт цієї установки:

$$\varepsilon = q_2 / l_k$$

$$\varepsilon_x = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{h_1 - h_5}{(h_2 - h_4) - (h_1 - h_5)}. \quad (1.1)$$

Враховуючи те, що $h_5 = h_4$, одержимо:

$$\varepsilon_x = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}, \quad (1.2)$$

де $h_2 - h_1$ — робота, витрачена в компресорі.

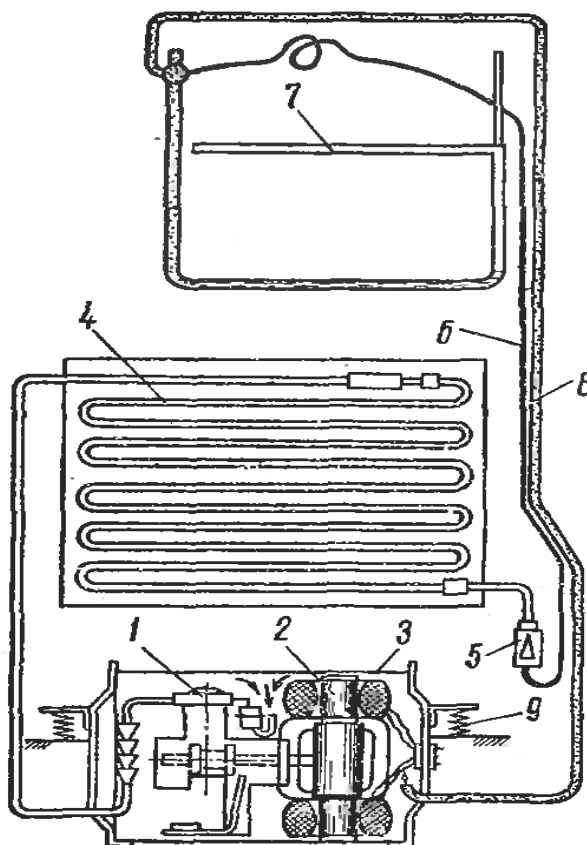
5 Устаткування та прилади для роботи

Побутовий холодильник являє собою металеву шафу з холодильною камерою і автоматизованою холодильною машиною.

У зв'язку зі специфічними умовами експлуатації побутових холодильників у житлових приміщеннях до них пред'являються високі вимоги:

- 1) повна автоматичність роботи – власникові холодильника треба виконувати тільки найпростіші операції по догляду за ним;
- 2) велика надійність і довговічність роботи – як правило, холодильник не повинен вимагати істотного ремонту за весь термін служби, тривалість якого повинна становити 15-20 років;
- 3) повна безпека – її гарантують підбором матеріалів, високою якістю виготовлення, а також засобами автоматики;
- 4) мінімальний шум (не більше 42 дБ);
- 5) мінімальні габаритні розміри при певному корисному об'ємі;
- 6) якомога більш низька первісна вартість і малі експлуатаційні витрати.

Принципова схема побутового холодильника наведена на рисунку 1.2.



1- герметичний компресор; 2 електродвигун, 3- кожух, 4-конденсатор повітряного охолодження, 5-фільтр-осушувач, 6-капілярна трубка, 7-випарник, 8-всмоктувальна трубка; 9- підвісні пружини.

Рисунок 1.2 - Принципова схема побутового холодильника

Корпус побутового холодильника сталевий зварної конструкції. Між стінками корпусу і камери прокладено тепловий ізоляційний матеріал. Згідно із принциповою схемою (рисунок 1.2) холодильна машина побутового холодильника КХ-240 складається з: герметичного компресора 1 з електродвигуном 2, що розміщується у кожусі 3, конденсатора повітряного охолодження 4, фільтра-осушувача 5, капілярної трубки 6, випарника 7, всмоктувальної трубки 8 та підвісних пружин 9.

Конденсатор з алюмінію, прокатно-зварний, виконаний у формі плоскої плити з поверхнею $0,75\text{м}^2$. Конденсатор виконується з двох алюмінієвих листів завтовшки 3мм. На площину однієї заготовки спеціальною фарбою наносять рисунок каналів і накривають іншою

заготовкою. Складені таким чином алюмінієві листи зварюються під тиском, а незвареними залишають місця з нанесеною фарбою. Після зварювання канали розширюють шляхом подавання у них води під тиском 8 МПа.

Випарник алюмінієвий, прокатно-зварний із системою внутрішніх каналів, в яких кипить фреон. Метод виготовлення аналогічний методу виготовлення конденсатора.

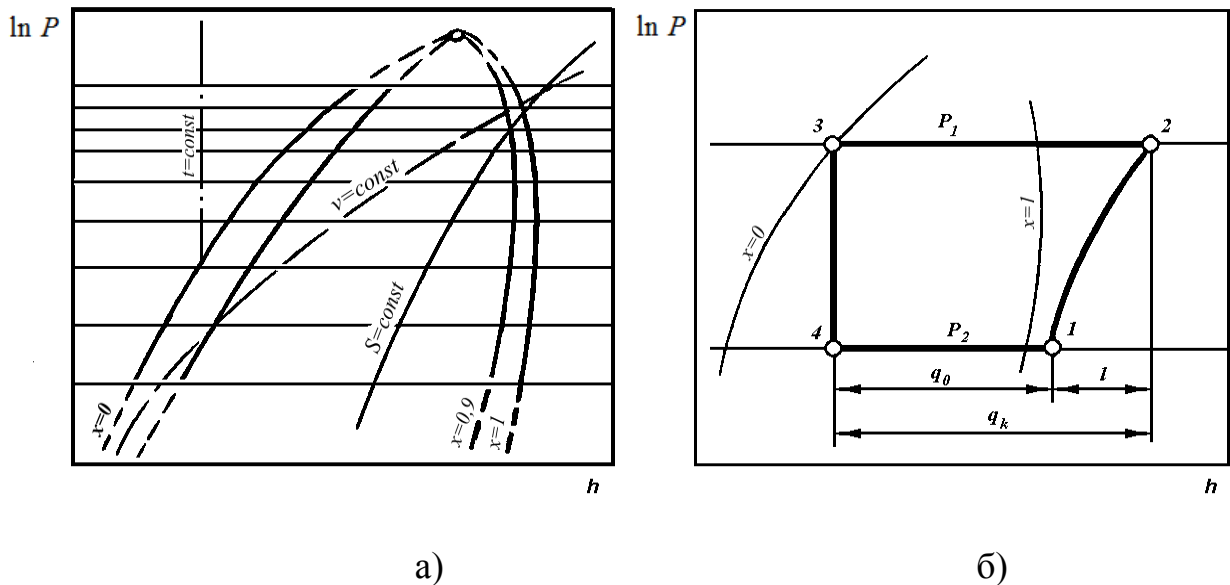
Фільтр-осушувач являє собою гільзу діаметром 14 мм, заповнену зернами силікагелю величиною 0,5-1,5 мм. Дроселювальним пристроєм слугує капілярна трубка, виготовлена з міді внутрішнім діаметром 0,8 мм і довжиною 3,2 м, під'єднана однією стороною до фільтра, іншою - до стінки випарника.

Електрообладнання холодильника складається з електродвигуна, пускової і теплової контактної групи та електролампи з вимикачем. Електродвигун компресора вбудований, змінного струму, асинхронний, однофазний з пусковою обмоткою і короткозамкненим ротором потужністю 100 Вт. У холодильнику встановлено теплове реле марки РТП-1 та термостат марки АРТ-2.

Принцип роботи машини полягає у наступному. Компресор, що приводиться у дію вмонтованим електродвигуном, відсмоктує пару хладона (R12) із випарника, стискує її до тиску нагнітання і подає у конденсатор, де відбувається конденсація пари R12. Тепло конденсації відводиться повітрям. Рідкий R12 надходить у фільтр-осушувач. Далі рідкий R12 надходить у капілярну трубку, у якій дроселюється до тиску кипіння. Після капілярної трубки R12 надходить у випарник, де кипить за рахунок теплоти, що віднімається від теплоносія (харчових продуктів). Далі цикл повторюється.

Холодильний агент - Хладон 12 ($R12$, CF_2Cl_2), безбарвний газ із слабким специфічним запахом, негорючий, вибухонебезпечний, малотоксичний, у 4,3 рази важчий за повітря. При кількості його більше 30% у повітрі людина відчуває нестачу кисню (головний біль, слабкість). Щільність рідкого $R12$ при 0°C -1894 $\text{кг}/\text{м}^3$. Температура кипіння при

атмосферному тиску $t_k = -29,8 \text{ } ^\circ\text{C}$, температура замерзання $t_3 = -155 \text{ } ^\circ\text{C}$. Газ дуже текучий і може проникати через найменші нещільності. *R12* стосовно металів інертний, але легко розчиняє звичайну гуму і ряд інших органічних матеріалів. Тому прокладки для ущільнення роблять із спеціальних сортів гуми або пароніта.



а – схематичне зображення; б - зображення циклу холодильної машини.

Рисунок 1.3 - Діаграма $h - \ln P$ холодильного агента

Точка 1, що характеризує стан пари холодильного агента на вході в компресор, визначається як точка перетину ізобари P_1 з ізотермою t_1 , або як перетинання ізобари P_1 з верхньою граничною кривою $x = 1$ (рисунок 1.3).

Лінія 1-2 - адіабатний стиск пари холодильного агента в компресорі;

Лінія 2-3 - ізобарний (при $P_2 = \text{const}$) відвід теплоти від холодильного агента в конденсаторі.

Лінія 3-4 – зниження тиску (дреселювання) холодильного агента в терморегулюючому вентилі при постійній ентальпії ($h = \text{const}$).

Лінія 4-1 - ізобарна передача теплоти від охолоджуваного середовища холодильному агенту при його кипінні у випарнику.

Розчинність води в рідкому $R12$ вкрай мала, тому треба оберегати систему циркуляції холодильного агента від попадання вологи, тому що замерзла волога може закупорити дросельний отвір і порушити циркуляцію холодильного агента.

6 Вказівки по виконанню випробування холодильної машини КХ-240

1. По лабораторній установці діючої холодильній машини і плакатам виконати пункти, зазначені в програмі роботи.

2. Підготувати і запустити машину КХ-240 в роботу.

3. Після стабілізації тиску на усмоктувальній і нагнітальній лініях компресора (через 5-10 хвилин) виміряти такі параметри:

- тиск пари холодильного агента на вході в компресор P_1 ;

- тиск пари холодильного агента після компресора P_2 ;

- температуру на вході в компресор - t_1 (при наявності відповідного виміру);

- температуру води в охолоднику на початку і наприкінці досліду t'_g і t''_g ;

- час випробування τ , с.

Тривалість охолодження приблизно 10-15 хв.

Дані вимірів занести в таблицю 2.

4. Зупинити холодильну машину.

5. За значеннями параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу, отриманих за результатами вимірів, та з діаграми $h - \ln P$ побудувати цикл роботи холодильної машини. Приклад побудови циклу наведений на рисунку 3.

6. Оформити звіт по лабораторній роботі. Звіт повинен містити схему лабораторної установки, таблицю основних технічних характеристик холодильної машини КХ-240, таблицю результатів вимірів (таблиця 1.1),

розрахунки основних технічних характеристик і діаграму циклу холодильної машини. Дати аналіз отриманих результатів.

Таблиця 1.1 – Результати вимірів.

$P_1, \text{МПа}$	$P_2, \text{МПа}$	$t'_6, ^\circ\text{C}$	$t''_6, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{с}$
1	2	3	4	5

7 Алгоритм розрахунку основних технічних характеристик холодильної машини КХ-240

1. За $h - \ln P$ - діаграмою визначити необхідні для подальшого розрахунку значення ентальпії h_1, h_2, h_4 у відповідних вузлових точках циклу.

2. Визначити питому холодопродуктивність холодильного агента, $q_0, \text{кДж/кг}$

$$q_0 = h_1 - h_4. \quad (1.3)$$

3. Визначити питому роботу стиску пари холодильного агента в компресорі, $l, \text{кДж/кг}$

$$l = h_2 - h_1. \quad (1.4)$$

4. Визначити питоме теплове навантаження конденсатора, $q_k, \text{кДж/кг}$

$$q_k = h_2 - h_3. \quad (1.5)$$

5. Визначити холодильний коефіцієнт холодильної машини, ε

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l}. \quad (1.6)$$

6. Визначити масову витрату холодильного агента, $M_k, \text{кг/с}$

$$M_k = V_k \cdot \rho_1 \cdot \lambda, \quad (1.7)$$

де V_k - теоретична подача компресора, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ - щільність пари холодильного агента на вході в компресор (питомий об'єм пари холодильного агента визначається за $h - \ln P$ - діаграмою), кг/м^3 ;

λ - коефіцієнт подачі компресора, що враховує об'ємні втрати (приймається рівним 0,7 - 0 - 0,75).

7. Визначити холодильну потужність машини, кВт

$$Q = q_0 M_k. \quad (1.8)$$

8. Визначити холодильну потужність машини за результатами вимірів температури води в охолоднику, кВт

$$Q = \frac{M_v C_v (t'_v - t''_v)}{\tau}, \quad (1.9)$$

де M_v - маса продукту в охолоджувачі, ($M_v = 80$ кг);

C_v - теплоємність води, ($C_v = 4,19$ кДж/кгК);

τ - час випробування, с.

9. Зобразити цикл роботи машини в $h - \ln P$ - діаграмі без суворого дотримання масштабу, але з вказанням значень параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу.

8 Техніка безпеки

1. Монтаж машини, технічне обслуговування й експлуатація повинні провадитися відповідно до інструкції і правил техніки безпеки при роботі холодильних установок.

2. До роботи з машиною повинні допускатися особи, що пройшли спеціальне навчання, інструктаж і атестацію, що мають посвідчення на право роботи з холодильними установками напругою до 1000 В.

3. Конструкція машини забезпечує виконання таких вимог безпеки:

- корпус машини і щит керування мають заземлюючі пристрої (болти) для підключення до загального контуру, що заземлює;

- електричний опір ізоляції усіх струмоведучих частин не менше 0,5 МОм;

- апарати машин виконані відповідно до «Правил будови і безпеки експлуатації резервуарів, що працюють під тиском».

У машині передбачені такі види автоматичних захистів:

- захист від зниження тиску всмоктування;
- захист від підвищення тиску нагнітання;
- тепловий захист електродвигунів;
- захист від струмів короткого замикання.

На ресивері передбачена плавка пробка для аварійного викиду холодильного агента. Пробка має легкоплавкий сплав, що при підвищенні температури вище 65°C виплавляється і холодильний агент викидається з ресивера. Щоб уникнути попадання холодильного агента в приміщення при аварійному викиді до плавкої пробки під'єднана трубка, що виводиться за межі робочого приміщення.

4. При проведенні ремонтних робіт необхідно цілком видалити холодильний агент із системи і провітрити приміщення.

5. Для запобігання можливості випадкового попадання холодильного агента на відкриті частини тіла або в очі необхідно застосовувати захисні окуляри і тканинні рукавиці.

При попаданні холодильного агента на шкіру й обморожуванні холодильним агентом необхідно обережно розтерти обморожену ділянку ватяним тампоном або марлевою серветкою до появи чутливості і почервоніння шкіри.

При попаданні холодильного агента в очі необхідно промити очі водою кімнатної температури і закапати в очі стерильну вазелінову олію. Якщо подразнення не пройде, очі варто промити слабким розчином борної кислоти, або стерильним розчином повареної солі з вмістом NaCl не вище 2%.

При задусі, викликаній нестачею кисню у приміщенні, заповненому газоподібним холодильним агентом, негайно винести постраждалого на свіже повітря і, у випадку припинення дихання, робити штучне дихання до приходу лікаря.

6. Забороняється загороджувати проходи біля машини предметами, що утруднюють доступ до машини.

7. У приміщенні, де встановлена машина, забороняється курити і користуватися відкритим вогнем.

8. Усі ремонтні роботи повинні провадитися на знеструмленій машині.

9. На видних місцях повинні бути вивішені плакати з правилами надання допомоги при:

- ураженні електричним струмом, обморожуванні, задусі, попаданні холодильного агента в очі.

9 Контрольні питання:

1. Складові елементи побутового холодильника.
2. Вимоги, які пред'являються до побутового холодильника.
3. Принцип дії кривошипно-кулісного механізму.
4. Принцип дії клапанного механізму.
5. Принцип роботи компресійної парової холодильної установки.
6. Що характеризує холодильний коефіцієнт?
7. Основні властивості холодильного агента.
8. Принцип роботи і призначення холодильної машини КХ-240 .
9. Будова і призначення основних вузлів холодильної машини.
10. Основні правила техніки безпеки при експлуатації холодильної машини.
11. Поясніть цикл парової компресорної холодильної машини в $h - \ln P$ -діаграмі.
12. Поясніть цикл парової компресійної холодильної машини в TS -діаграмі.
13. Як визначити холодильний коефіцієнт машини?

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. Кількість теплоти, яка потрібна для перетворення 1 кг рідини в пар, називається:

1. питомою теплотою кипіння;
2. **питомою теплотою пароутворення;**
3. питомою ентальпією;
4. питомою ентропією.

2. Холодильні машини працюють за термодинамічним:

1. **зворотним циклом;**
2. циклом Карно;
3. прямим циклом;
4. циклом Ренкіна.

3. Величину, яка показує, скільки теплоти відбирається від холодного тіла в зворотному циклі на одиницю затраченої роботи, називають:

1. **холодильним к.к.д.;**
2. ефективним к.к.д.;
3. термічним к.к.д.;
4. номінальним к.к.д.

4. За допомогою якого із цих рівнянь визначається ефективність холодильних машин:

$$1. \eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1};$$

$$2. n_t = 1 - \frac{q_2}{q_1};$$

$$3. \varepsilon = 1 - \frac{q_2}{l_k};$$

$$4. \varepsilon = \frac{q_2}{l_k}.$$

5. Кипить при мінусовій температурі:

1. вода.
2. фреон.
3. бензин.
4. дизельне паливо.

6. У парокомпресійній холодильній машині дроселювання холодоагента здійснюється з метою:

1. зниження тиску.
2. підвищення температури.
3. підвищення температури і тиску.
4. підвищення тиску.

Компресори холодильних машин

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: Компресори холодильних машин.

Мета: Засвоєння студентами класифікації, будови та принципу дії компресорів.

Час: 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- 1) Вивчити призначення компресора в паровій компресійній машині.
- 2) Ознайомитися з класифікацією компресорів.
- 3) Вивчити, з яких основних вузлів складається поршневий компресор.
- 4) Ознайомитися зі складовими елементами герметичного компресора.
- 5) Ознайомитися із принципом дії кривошипно-кулісного механізму.
- 6) Ознайомитися із принципом дії клапанної системи та зробити її ескіз із нанесенням основних розмірів складових частин.
- 7) Визначити переваги і недоліки вивчених типів компресорів.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент у обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

- а) вивчити конспект лекцій;
- б) опрацювати рекомендовану літературу.

3 Практична частина

3.1 Теоретичні відомості

Компресор є одним з головних вузлів холодильної машини. Він виконує три основні функції:

- відсмоктує пару холодильного агента із випарника;
- стискує її у циліндрі до тиску конденсації;
- нагнітає у конденсатор і підтримує високий тиск холодильного агента у вузлах машини до терморегулюючого (дроселюючого) вентиля.

У підприємствах переробних і харчових виробництв використовуються, головним чином, компресори двох типів: поршневі і ротаційні.

За ступенем герметичності компресори можуть бути відкритими (сальниковими), напівгерметичними (безсальниковими), герметичними.

В умовних позначеннях вказується:

- використовуваний холодильний агент;
- розташування циліндрів;
- число циліндрів;
- холодопродуктивність компресора.

Наприклад, марка компресора ФВ-6 означає:

Ф - фреоновий;

В - вертикальне розташування циліндрів, двоциліндровий;

6 - холодопродуктивність компресора, 6 кВт.

Усі поршневі відкриті (сальникові) компресори мають наступні вузли та деталі:

- картер - конструктивна основа компресора, яка об'єднує окремі вузли та деталі;
- циліндри або блок циліндрів - вузол, у який усмоктується, стискається і виштовхується у конденсатор пари холодильного агента;
- поршні - вузол, за допомогою якого здійснюється усмоктування та стискання пари холодильного агента в циліндрі;
- кривошипно-шатунний механізм, який складається з шатуна, з'єданого одним кінцем з поршнем, іншим - з колінчастим валом, і колінчастого вала, вмонтованого в картер. За допомогою кривошипно-

шатунного механізму здійснюється перетворення обертового руху колінчастого вала у зворотньо-поступовий рух поршня;

- клапанна дошка і змонтовані на ній усмоктуючий і нагнітаючий клапани. Ця дошка з клапанами виконує роль розподільного механізму;
- кришка блоку циліндрів - розділяє компресор на усмоктуючу і нагнітаючу сторони;
- сальник - вузол, який ущільнює колінчастий вал на виході його з картера.

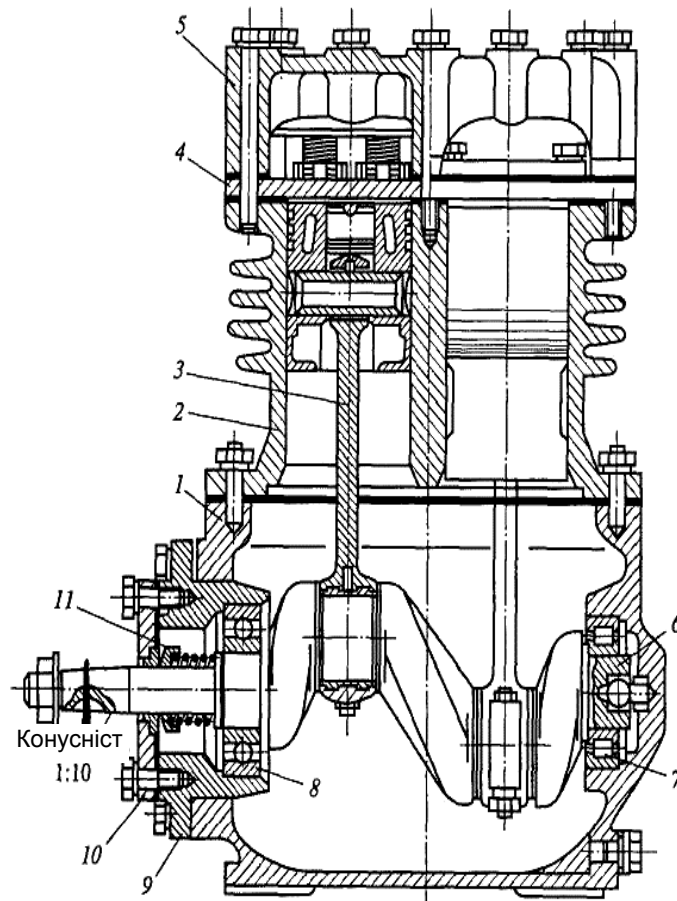
Аналогічні деталі (за виключенням сальника) мають всі поршневі компресори, у тому числі і герметичні.

Конструкції компресорів

Відкриті (сальникові) поршневі компресори. До порівняно недавнього часу відкриті поршневі компресори були широко поширені, проте з появою безсальникових і герметичних компресорів їх стали застосовувати значно рідше.

Конструкція вертикального двоциліндрового фреонового компресора ФВ6 з приводом від ремінної передачі представлена на рисунку 2.1.

Компресор призначений для роботи у складі стаціонарних компресорно-конденсаторних агрегатів, транспортних установок і систем кондиціонування повітря. Компресор складається з картера, блоку циліндрів, колінчастого вала, шатунно-поршневої групи, клапанної дошки, всмоктуючого і нагнітального вентилів. Картер представляє собою закриту раму, на якій кріпиться вся решта вузлів компресора. Блок циліндрів складається з двох циліндрів, у яких рухаються поршні. Він має загальні порожнини і канали всмоктування і нагнітання. Оребрена зовнішня поверхня блоку збільшує поверхню тепловіддачі. Поршні виготовлені з алюмінієвого сплаву і обладнані двома ущільнювачами і одним мастилознімним кільцем.



1 - картер; 2 - блок циліндрів; 3 - шатун з поршнем; 4 - клапанна дошка;
5 - кришка циліндрів; 6— колінчастий вал; 7 - задній підшипник; 8 - передній
підшипник; 9 - корпус підшипника; 10 - передня кришка; 11 – сальник.

Рисунок 2.1 – Відкритий непрямоточний фреоновий компресор ФВ6

У верхній частині блоку циліндрів є клапанна дошка, на якій закріплені клапани компресора. Всмоктуючі клапани — смугові, самопружинячі, нагнітальні — п'ятачкові, з пружинами.

Сталевий колінчастий вал обертається у двох підшипниках кочення (кульковому і роликовому). Вільний кінець вала в місці посадки маховика – консольний.

Шатуни компресора — сталеві, штамповані, двотаврового профілю. Вони служать для з'єднання поршня з колінчастим валом.

Графіто-сталевий пружинний сальник компресора виключає витік холодагенту в місці виходу колінчастого вала з картера.

Мащення частин компресора, що рухаються, здійснюється розбризкуванням масла нижніми головками шатунів при обертанні колінчастого вала. Мащення шатунних шийок вала проводиться через просвердлені у верхній частині нижньої головки шатуна похилі канали. Верхні головки шатунів змащуються мастилом через спеціальні отвори.

Безсальникові компресори. Безсальникові (напівгерметичні) компресори разом з герметичними є у даний час домінуючими в класі малих і середніх холодильних компресорів. Це пояснюється цілою низкою їх переваг перед відкритими компресорами, що раніш широко застосовувалися.

Ці компресори мають умовне позначення ФВБС і відрізняються від відкритих тим, що не мають сальника, а також тим, що електродвигун розміщений всередині картера.

Безсальникові компресори більш надійні в експлуатації: можуть працювати при підвищеній частоті обертання вала; мають більш високу номінальну потужність, оскільки електродвигун ефективно охолоджується парою холодагенту; мають кращі віброакустичні характеристики, менші габарити (приблизно в 1,5 рази) і масу (приблизно на 40 %), ніж відкриті компресори; вартість їх монтажу і обслуговування також нижча.

Проте необхідно мати на увазі, що безсальникові компресори призначені для роботи на холодагентах, які не руйнують мідну обмотку статора електродвигуна. Крім того, при роботі компресора в режимах з малою продуктивністю може підвищуватися температура обмоток двигуна (до 125 °С) протягом довгого часу, що пред'являє підвищені вимоги до ізоляції.

Компресор разом з електродвигуном замкнений у загальний кожух, а ротор електродвигуна закріплений консольно, безпосередньо на валу компресора, що полегшує монтаж і демонтаж. У компресорі відсутній

сальник, який є джерелом витоків мастила і холодагента. Для доступу до електродвигуна і механізму компресора корпус безсальникового агрегату має знімні кришки.

Безсальникові компресори виконують непрямоточними (всмоктуючий і нагнітальний клапани розташовані в кришці циліндра, і холодагент змінює напрям руху, слідуючи за поршнем), з алюмінієвими або чавунними корпусами і мінімальною кількістю роз'ємів, з числом циліндрів 2, 3, 4, 6, 8. Вали компресора (колінчасті або ексцентрикові) виконують двоопорними, їх встановлюють горизонтально на підшипниках ковзання або кочення; при цьому, як правило, один підшипник розташований на кінцевій шийці вала, а інший – між кривошипно-шатунним механізмом і електродвигуном. Поршні компресора алюмінієві, з ущільнювачами і мастилознімними кільцями. Шатуни штамповані, з нероз'ємною верхньою і роз'ємною нижньою головками.

У малих непрямоточних компресорах всмоктуючі і нагнітальні клапани звичайно розміщують на одній плиті, що покриває циліндри. Всмоктуючі клапани, як правило, пелюсткові або стрічкові, самопружинячі, а нагнітальні – пластинчасті, п'ятачкові, навантажені пружинами. Всмоктуючий патрубок встановлюють на корпусі статора. Пара холодагента проходить через електродвигун і тільки тоді в циліндр, внаслідок чого охолоджуються обмотки електродвигуна і зменшується його номінальна потужність.

Герметичні компресори. За принципом дії герметичні компресори підрозділяють на поршневі з поворотно-поступальним рухом робочого органу (поршня), ротаційні з обертальним рухом робочого органу (ротора) і спіральні з коливальним, плоскопаралельним рухом робочого органу (рухомої спіралі).

Герметичні компресори мають значні переваги перед відкритими машинами. У герметичному компресорі відсутній сальник, який є найвразливішим місцем машини: через нього можливі витoki холодагента в

процесі експлуатації. Ця обставина, а також те, що ротор електродвигуна герметичного компресора насаджений безпосередньо на вал, дозволяє зробити компресор швидкохідним, тобто збільшити швидкість обертання вала, що, у свою чергу, дає можливість зменшити діаметр циліндрів і, отже, понизити масу і габарити компресора при тій же продуктивності.

Герметичний компресор є найважливішим елементом герметичної холодильної машини.

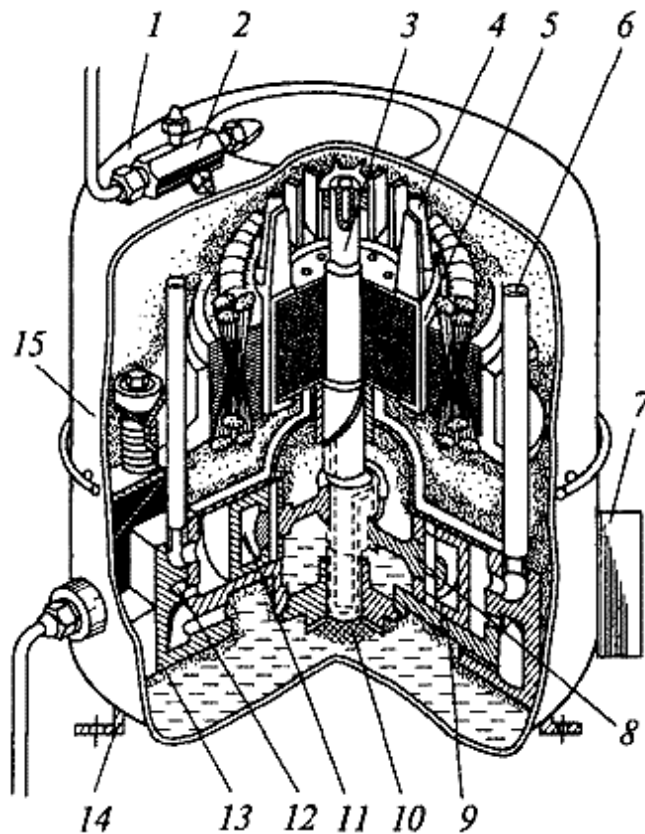
У герметичних машинах зменшується кількість холодагента в системі, оскільки не потрібно мати запасу для компенсації природних витоків; значно знижується витрата холодагента при експлуатації, оскільки відпадає необхідність періодичної дозарядки машин; є можливість охолоджувати обмотку електродвигуна потоком всмоктуваної пари холодагента, що дозволяє підвищити навантаження на електродвигун, зменшити його масу і габарити.

Герметичні машини майже безшумні в роботі, а їх малі габарити дозволяють збільшити корисну ємність холодильного устаткування, зменшити розміри торгових автоматів і застосовувати ці машини для кондиціонування повітря.

До недоліків герметичного агрегату можна віднести те, що в разі виникнення несправностей він, як правило, не підлягає ремонту.

Поршневі герметичні компресори. Поршневі герметичні компресори застосовують у агрегатах торгового холодильного устаткування, домашніх холодильниках, кондиціонерах. Вони працюють від мережі однофазного струму напругою 220 В або трифазного перемінного струму напругою 380 В і мають частоту обертання вала 50 с^{-1} (3000 об/хв).

Компресори різного призначення мають, у основному, ідентичну конструкцію (рисунок 2.2).



1 — кожух; 2 — всмоктуючий вентиль; 3 — ексцентриковий вал; 4 — ротор; 5 — статор; 6 — всмоктуюча трубка; 7 — клемна коробка з реле температури; 8 — шатун; 9 — палець; 10 — масляний фільтр; 11 — поршень; 12 — клапанна дошка зі всмоктуючим нагнітальним клапаном; 13 — кришка циліндра; 14 — опори для установки на амортизації; 15 — пружинна підвіска.

Рисунок 2.2 – Компресор ФГ 1,1-3

Вал компресора одночасно служить і відцентровим масляним насосом: масло поступає у вертикальний отвір, зміщений щодо вісі, і під дією відцентрової сили подається у спіральні канавки на поверхні корінної шийки кривошипа.

Ротор електродвигуна насаджений на вал компресора, а статор кріпиться гвинтами до його корпусу. У різних конструкціях електродвигун може мати верхнє або нижнє розташування.

Поршні компресора не мають поршневих кілець. Ущільнення досягається зменшенням зазору між поршнем і стінками циліндра до 0,01 мм

і наявністю кільцевих канавок на бічній поверхні поршня, заповнюваних маслом. Зменшення зазору в герметичних компресорах стало можливим, оскільки деталі шатунно-поршневої групи ефективно охолоджуються парою холодагенту, внаслідок чого термічне розширення під дією сил тертя невелике.

У герметичних компресорах є глушники шуму всмоктування і нагнітання. Для зменшення вібрацій при роботі, пусках, зупинках і транспортуванні компресорів служать віброізолятори (амортизатори) у вигляді внутрішніх пружин підвіски і зовнішніх гумових опор.

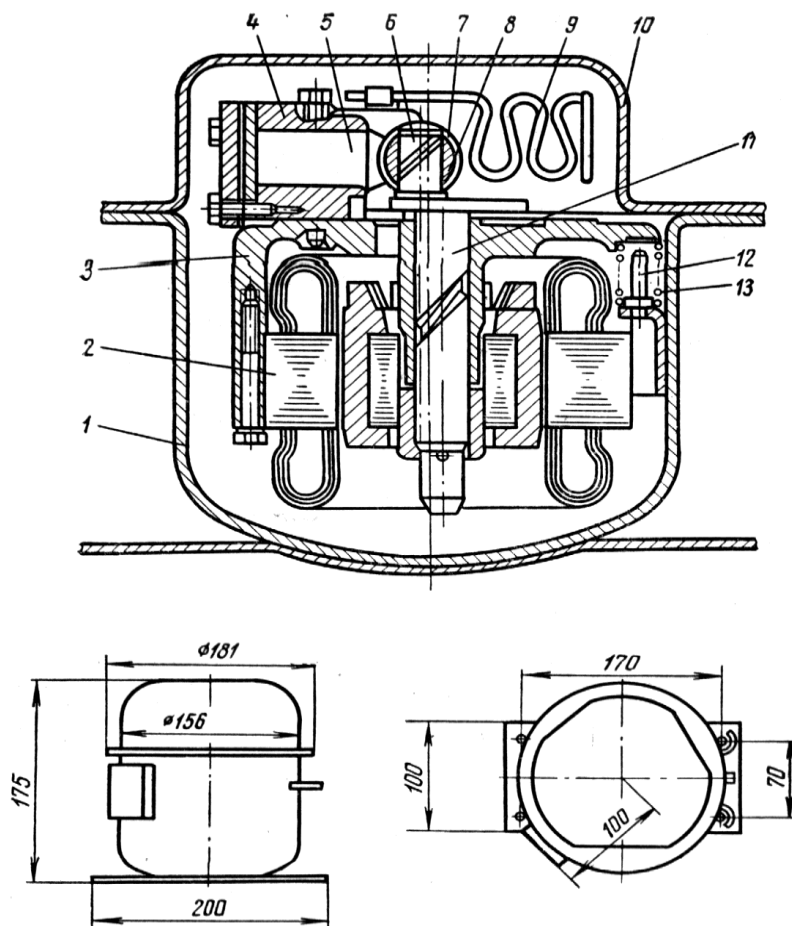


Рисунок 2.3 – Герметичний компресор ФГ–0,1

Герметичний компресор ФГ–0,1 (рисунок 2.3) з вертикальним валом і горизонтальним циліндром. Частота обертання 3000 об/хв. Діаметр циліндра 22мм, хід поршня 12мм. Холодопродуктивність при $t_0=-20^{\circ}\text{C}$, $t_K=55^{\circ}\text{C}$

становить 116 Вт. Механізм руху кривошипно-кулісний: всередині куліси 7 переміщується повзун 8 за допомогою кривошипа 6. Поршень 5 припаяний до куліси 7. Як масляний насос використовується вал 11, у якому виконано вертикальний отвір, зміщений відносно вісі. Масло під дією центробіжної сили подається у спіральні канавки на поверхні корінної і шатунної шийок вала. Клапани пружні консольні. Всмоктувальний і нагнітальний глушники відлиті разом з корпусом 3. Циліндр 4 і статор 2 приєднані до корпусу 3 болтами. Віброізолятори 13 внутрішні, пружинні, нагнітальна трубка 9 пружна, тому вібрації компресора передаються на корпус послабленими. Кришка 10 зварного кожуха 1 обмежує пересування корпусу вгору в місцях встановлення штифтів віброізоляторів 12.

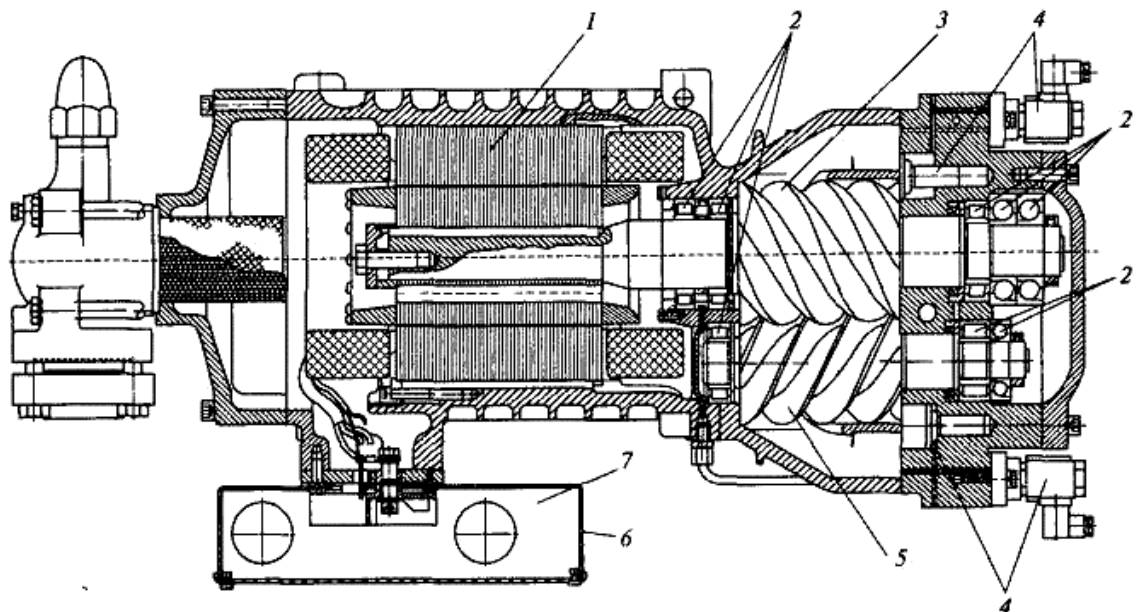
Гвинтові компресори. Гвинтові компресори почали активно застосовуватися у холодильних установках порівняно недавно, їх широке використання у холодильному машинобудуванні почалося у 60-х роках ХХ ст.

Робочим органом гвинтових компресорів (рисунок 2.4) служить ротор з профілями, що сполучаються, виготовленими у формі спіралей (черв'яків). Гвинтові компресори можуть бути одно-, дво- і трьохроторними. Найпоширенішими є двороторні конструкції.

Один з роторів (ведучий) з опуклими широкими зубами сполучений з двигуном. Ведений ротор з увігнутими тонкими зубами приводиться у обертання тиском пари, що стискається. Вали роторів при обертанні не стикаються між собою.

При повороті роторів холодагент поступає через всмоктуєче вікно і заповнює порожнину між виступом на провідному роторі і западиною на веденому роторі. Холодагент у цій порожнині рухається в осьовому і радіальному напрямках і стискається за рахунок зменшення замкнутого об'єму порожнини. Стиснення продовжується до тих пір, поки порожнина між виступом і западиною не досягне нагнітального вікна в циліндрі.

Залежно від способу ущільнення порожнини стиснення розрізняють сухі і маслозаповнені гвинтові компресори. У холодильній техніці, в основному, застосовують маслозаповнені компресори. Уприскування охолодженого масла в корпус компресора забезпечує внутрішнє охолодження і запобігає перегріву компресора, причому масло, крім того, ущільнює робочі зазори між роторами. Охолодження маслом дозволяє відмовитися від водяного охолодження корпусу компресора і при цьому підтримувати температуру нагнітання нижче 100 °С незалежно від ступеня стиснення.



1 - вбудований електродвигун; 2 - підшипники; 3 - ведучий ротор; 4 - пристрій регулювання продуктивності (розвантажений старт); 5 - ведений ротор; 6 - клемна коробка; 7 - пристрій захисту електродвигуна.

Рисунок 2.4 – Гвинтовий безсальниковий компресор

Важливою перевагою гвинтових компресорів є можливість регулювання їх продуктивності в широкому діапазоні: від 15 до 100 %. Продуктивність регулюється за допомогою золотникового регулятора, розташованого в корпусі компресора під роторами.

Гвинтові компресори мають низку переваг перед іншими компресорами, зокрема поршневими: менші габарити і масу, більшу врівноваженість, оскільки відсутні деталі, що чинять зворотньо-поступальний рух; високу надійність і моторесурс; малі втрати унаслідок відсутності клапанів; можливість роботи на будь-яких холодагентах; практично виключений гідравлічний удар; плавне і економічне регулювання холодопродуктивності. До недоліків гвинтових компресорів можна віднести дещо гіршу енергетичну ефективність у порівнянні з поршневими компресорами через відносно великі зворотні перетічіння пари через щілини усередині компресора; достатньо високий рівень шуму; досить громіздку систему змащення.

3 Зміст і порядок проведення роботи:

- ознайомитися зі складовими елементами холодильного поршневого компресора;
- виконати неповне розбирання і збирання компресора (зняти кришку клапанів, клапанну дошку, всмоктувальний та нагнітальний клапани, поршень, поршневий палець, верхню та нижню головки шатуна);
- виконати ескізи із нанесенням основних розмірів таких деталей: клапанна дошка, всмоктувальний та нагнітальний клапани, поршень, поршневі кільця, поршневий палець, шатун).

4 Контрольні питання

- 1 Призначення компресора в паровій компресійній холодильній машині.
- 2 Як класифікуються компресори? Як вони позначаються?
- 3 Які основні вузли та деталі входять у компресор?
- 4 Переваги та недоліки відкритих (сальникових) компресорів.
- 5 Як розрахувати об'єм, що описує поршень у компресорі?
- 6 Як розрахувати холодопродуктивність компресора?

7 У чому полягають відмінності напівгерметичних (безсальникових) компресорів від відкритих?

8 У чому полягають відмінності герметичних компресорів?

9 Принцип дії кривошипно-кулісного механізму.

10 Принцип дії клапанного механізму.

11 Принцип роботи компресійної парової холодильної установки

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. При роботі компресора виникає середня сила, яка дорівнює силі ударів молекул об поверхню, що обмежує об'єм газу за нормаллю до неї і діє на одиницю поверхні, це:

1. Кінетична енергія;

2. Абсолютний тиск;

3. Робота;

4. Густина.

2. Основна одиниця вимірювання тиску в системі SI, Паскаль це:

1. кг/сек

2. Дж/м³

3. Н/м²

4. Н/м

3. Рівнянням адіабатного процесу є:

1. $p^k v^k = const$;

2. $pv = const$;

3. $pv^n = const$;

4. $pv^k = const$.

4. Робота в політропному процесі визначається за формулою:

1. $l = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$;

$$2. \ell = p(V_2 - V_1) ;$$

$$3. \ell = 0 ;$$

$$4. \ell = RT \ln \frac{V_2}{V_1} .$$

5. Питома робота стискання парів холодильного агента в компресорі, визначають за формулою:

$$1. l = h_2 - h_1;$$

$$2. l = h_3 - h_4;$$

$$3. l = h_4 - h_5;$$

$$4. l = h_4 - h_1;$$

6. Речовина, яка бере участь у термодинамічних перетвореннях, це:

1. робоче тіло;

2. теплове джерело;

3. термодинамічна субстанція;

4. вода.

КОНСТРУКЦІЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРНИХ ПРИЛАДІВ ТА АВТОМАТИКИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Тема: Вивчення конструкції контрольно-вимірних приладів та автоматики холодительної установки.

Мета роботи: Вивчення конструкції терморегулюючого вентиля, реле тиску та реле температури, їх встановлення на об'єкти і налаштування на заданий режим.

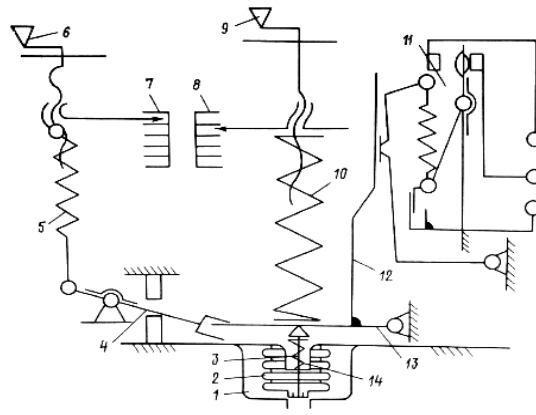
Час: 4 год.

1 Устаткування та прилади для роботи

Прилади автоматичного регулювання і контролю процесів, що відбуваються при роботі холодительної установки, призначені для забезпечення безпечної експлуатації установки та підвищення ефективності її роботи. Економічність експлуатації підвищується, головним чином, за рахунок зменшення витрат на обслуговування холодительної установки.

1.1 Реле температури

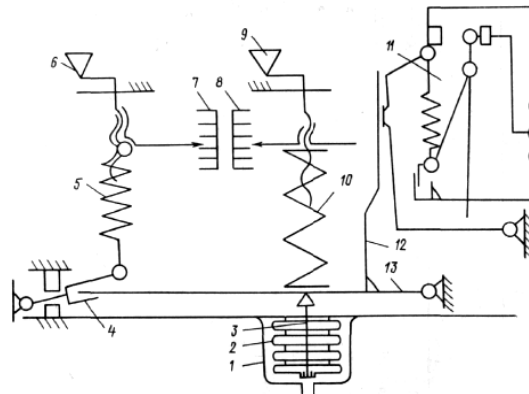
Принцип дії приладу базується на зміні тиску парорідинної суміші холодительного агента в термосистемі приладу залежно від зміни температури термобалона. При підвищенні температури термобалона тиск холодительного агента зростає, взаємодіє через капілярну трубку на сильфон, стискає його. Штовхач сильфона діє на основний важіль, намагаючись повернути його за часовою стрілкою. Цьому запобігає стиснута пружина установки, яка діє на важіль зверху. При повороті основного важеля за часовою стрілкою його плече діє на систему важелів контактної групи та замикає контакт для включення компресора в роботу. Зусилля стиску пружини установки регулюється гвинтом-задавачем. Налаштування приладу контролюється за положенням стрілки шкали установки (рисунки 3.1).



1-корпус сильфона; 2-сильфон; 3-штовхач; 4-вилка диференціала; 5-пружина диференціала; 6-гвинт-задавач диференціала; 7-шкала диференціала; 8-шкала установки; 9-гвинт-задавач установки; 10-основна пружина установки; 11-вузол перемикування контакту; 12-плече основного важеля; 13-основний важіль; 14-пружина.

Рисунок 3.2 – Принципова схема реле низького тиску

Реле високого тиску

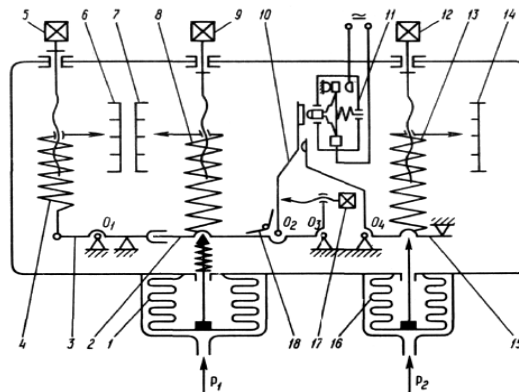


1-корпус сильфона; 2-сильфон; 3-штовхач; 4-вилка диференціала; 5-пружина диференціала; 6-гвинт-задавач диференціала; 7-шкала диференціала; 8-шкала установки; 9-гвинт-задавач установки; 10-основна пружина установки; 11-вузол перемикування контакту; 12-плече основного важеля; 13-основний важіль; 14-пружина.

Рисунок 3.3 – Принципова схема реле високого тиску

Пряме спрацювання реле високого тиску (розмикання контакту) відбувається при збільшенні тиску, що контролюється, до величини, яка встановлена на шкалі установки. Обратне спрацювання (замикання контакту) існує при зниженні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала (рисунок 3.3).

Двоблочне реле тиску



1 - сільфон низького тиску; 2 - основний важіль низького тиску; 3 - вилка диференціала; 4 - пружина диференціала; 5 - гвинт-задавач диференціала; 6 - шкала диференціала; 7 - шкала установки низького тиску; 8 - пружина установки низького тиску; 9 - гвинт-задавач установки низького тиску; 10 - плече основного важеля вузла низького тиску; 11 - мікроперемикач; 12 - гвинт-задавач установки високого тиску; 13 - пружина установки високого тиску; 14 - шкала установки високого тиску; 15 - двоплечовий важіль; 16 - сільфон високого тиску; 17 - гвинт заводського налаштування; 18 - допоміжна пружина; $O_1 - O_4$ - вісі обертання.

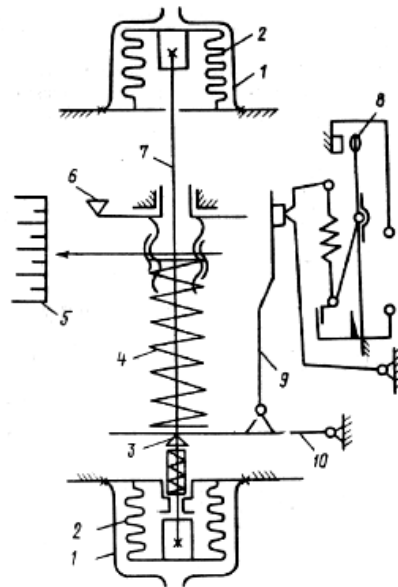
Рисунок 3.4 – Принципова схема двоблочного реле тиску

Прилад у своєму складі містить вузли низького та високого тиску (рисунок 3.4). Вузол низького тиску устаткований та працює аналогічно до одноблочного реле низького тиску. Вузол високого тиску має нерегульований диференціал. При взаємодії на сільфон високого тиску

двоплечовий важіль вузла високого тиску повертається проти часової стрілки і відсуває від кнопки мікроперемикача плече важеля низького тиску. Основний важіль вузла низького тиску може залишатися у піднятому положенні, а його плече буде відсунуте від мікроперемикача пружиною заводського налаштування. При зниженні високого тиску двоплечовий важіль переміщується за часовою стрілкою та припиняє запобігати замиканню контакту плечем вузла низького тиску.

1.3 Реле контролю мастила

При рівності тисків на верхній та нижній сильфони основний важіль знаходиться у нижньому положенні, оскільки зверху на нього діє зусилля пружини установки. Плече основного важеля не діє на контактну групу. Основний контакт розімкнутий. Пуск компресора або насоса можливий тільки при зовнішньому замиканні контактів, що, як правило, впроваджується за рахунок включення у електричну схему реле часу (рисунок 3.5).



1-корпус сильфона; 2-сильфони; 3-ножна опора; 4-пружина установки; 5-шкала різниці тисків; 6-задавач установки; 7-шток; 8-вузол перемикачів; 9-плече основного важеля; 10-основний важіль.

Рисунок 3.5 – Принципова схема реле контролю мастила

Реле повинно розімкнути свої контакти через 45-60 секунд після пуску. При підвищенні різниці тисків середовища, що контролюється, тиск на нижній сильфон стає вище, ніж на верхній. Це призводить до стискання нижнього сильфона та розтягнення верхнього, оскільки вони жорстко пов'язані один з одним опорою та штоком. Основний важіль підіймається вгору, переборюючи опір пружини установки, і його плече, діючи на контактну групу, замикає основний контакт та розмикає додатковий контакт сигналізації. Якщо до часу розмикання зовнішніх контактів реле не пройде замикання основного контакту приладу, то компресор або насос, що працюють, зупиняться.

У процесі роботи компресора або насоса різниця тисків, що контролюється, повинна підтримуватись постійно. При зниженні різниці тисків, які контролюються, до величини, встановленої на шкалі приладу, відбувається розмикання його контакту та зупинення механізму, що контролюється.

1.4 Поплавкове реле рівня

Реле складається з первинного перетворювача *ППР* (датчика) та електронного приладу *ЕП* (блока-підсилювача). Датчик являє собою поплавкову камеру з паровим та рідинним патрубками, за допомогою яких він приєднується до посудини *П*, у якій контролюється рівень рідини. У поплавковій камері знаходиться сферичний сталевий поплавок, що має необхідну плавучість у середовищі, що контролюється. Положення поплавка точно відповідає рівню рідини в посудині. На зовнішньому боці поплавкової камери знаходяться котушки L_1 та L_2 , індуктивність яких залежить від положення поплавка; при верхньому його положенні збільшується індуктивність котушки L_1 , а при нижньому – L_2 . Котушки індуктивності включені в чотириплечовий міст із резисторами R_1 та R_2 , живлення яких здійснюється змінним струмом (рисунок 3.6).

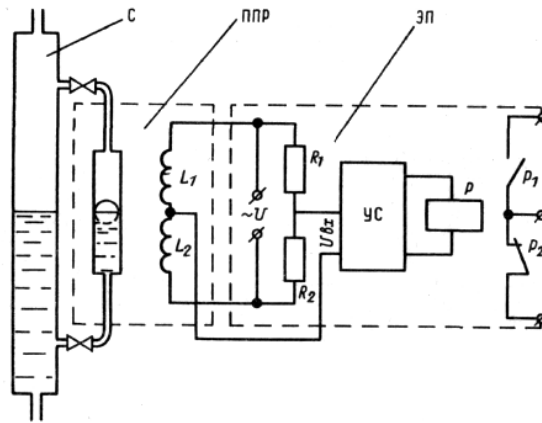


Рисунок 3.6 – Принципова схема поплавкового реле рівня типу ППР-5

У середньому положенні міст врівноважений, та вхідне напруження підсилювача УС дорівнює 0. При будь-якому відхиленні поплавка від середнього положення до підсилювача підводиться напруга дисбалансу, що призводить до переключення вхідних контактів приладу, які використовуються для управління виконавчими та сигнальними пристроями.

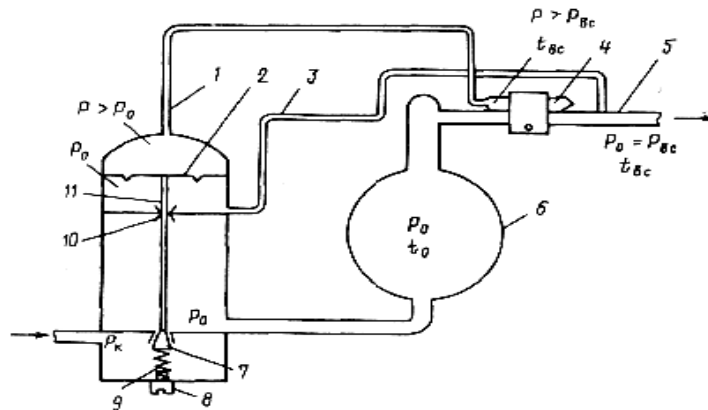
1.5 Терморегулюючий вентиль (ТРВ)

Терморегулюючий вентиль призначений для автоматичної подачі у випарник такої кількості холодильного агенту, яка забезпечує оптимальну величину перегріву на всмоктуванні компресора. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни перегріву пари у всмоктувальному трубопроводі.

Принцип дії ТРВ полягає у тому, що холодильний агент подається з лінійного ресивера під клапан ТРВ, що знаходиться поблизу від випарника. Після дроселювання у клапані холодильний агент подається у випарник. Ступінь відкриття ТРВ залежить від величини перегріву пари у всмоктувальному трубопроводі.

Температура перегрітої пари вище за температуру кипіння. Цю ж температуру має і термобалончик, що заповнений парорідинною сумішшю, а не перегрітим паром, тиск в ньому встановлюється вищим за тиск кипіння. Тиск діє на мембрану зверху. Клапан ТРВ відкривається тоді, коли є різниця

тисків. У холодильних установках високої холодопродуктивності використовують ТРВ із зовнішнім вирівнюванням через вирівнювальну трубку (рисунок 3.7).



1-капілярна трубка; 2-мембрана; 3-вирівнювальна трубка; 4-термобалончик; 5-всмоктуючий трубопровід; 6-випарник; 7-клапан приладу; 8-гвинт регулювання перегріву; 9-пружина; 10-сальник; 11-шток.

Рисунок 3.7 – Принципова схема ТРВ

За відсутності перегріву, коли у всмоктувальному трубопроводі має місце волога пара, температура та тиск у випарнику, у всмоктувальному трубопроводі та термобалончику приладу однакові. Тиск на мембрану зверху та знизу однаковий. Клапан ТРВ закритий зусиллям пружини.

При зменшенні подачі холодильного агенту у випарник пара у всмоктувальному трубопроводі перегрівається. При цьому її тиск залишається таким, що дорівнює тиску кипіння. Цей тиск передається у підмембранну порожнину ТРВ через вирівнювальну трубку. Тиск на мембрану зверху залежить від температури холодоагенту в термобалончику, що визначає ступінь відкриття ТРВ.

Оскільки ТРВ є приладом плавного регулювання, відкриття його клапана при стаціонарному режимі роботи відбувається у конкретному положенні. При зупиненні компресора клапан ТРВ закривається у зв'язку з тим, що перегрів пари при цьому відсутній.

3 Зміст і порядок проведення роботи:

- ознайомлення з приладами автоматики;
- опис схем приладів автоматики;
- вивчення конструкції приладів автоматики для набуття навичок їхнього ремонту шляхом розбирання та збирання;
- визначення місця встановлення приладів автоматики на холодильній установці та способів їх регулювання;
- визначення основних робочих параметрів приладів автоматики (згідно з таблицею 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні робочі параметри приладів автоматики.

Тип приладу	Будова приладу	Робоче середовище	Діапазон вимірювання
-------------	----------------	-------------------	----------------------

4 Контрольні питання:

- призначення пристроїв автоматики;
- принцип дії реле температури;
- принцип дії реле тиску;
- принцип дії терморегулюючого вентиля;
- методи регулювання приборів автоматики;
- послідовність встановлення приладів на вимірювальний об'єкт.

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. Який принцип дії реле температури ?

1. дія приладу базується на зміні тиску парорідинної суміші холодильного агенту у термосистемі приладу залежно від зміни температури термобалона.

2. дія приладу базується на зміні густини парорідинної суміші холодильного агенту у термосистемі приладу залежно від зміни температури термобалона.

3. дія приладу базується на зміні тиску парорідинної суміші холодильного агенту у термосистемі приладу залежно від зміни потужності термобалона.

4. дія приладу базується на зміні кольору парорідинної суміші холодильного агенту у термосистемі приладу залежно від зміни температури термобалона.

2. Призначення приладів автоматичного регулювання холодильної установки:

1. для забезпечення безпечної експлуатації установки та підвищення ефективності її роботи;

2. для забезпечення безшумної експлуатації установки та підвищення ефективності її роботи;

3. для забезпечення безпечної експлуатації установки та підвищення безперервності її роботи;

4. для забезпечення багаторічної експлуатації установки та підвищення ефективності її роботи;

3. Коли відбувається пряме спрацювання реле низького тиску?

1. при зниженні тиску, що контролюється до величини, що встановлена на шкалі установки.

2. при підвищенні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала.

3. при зменшенні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала.

4. при підвищенні тиску, що контролюється до величини, що встановлена на шкалі установки

4. Коли відбувається оборотне спрацювання реле низького тиску?

1. при зниженні тиску, що контролюється до величини, що встановлена на шкалі установки.

2. при підвищенні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала.

3. при зменшенні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала.

4. при підвищенні тиску, що контролюється до величини, що встановлена на шкалі установки.

5. Яке призначення терморегулюючого вентиля?

1. Терморегулюючий вентиль призначений для автоматичної подачі у випарник такої кількості холодильного агенту, яка забезпечує оптимальну величину перегріву на всмоктуванні компресора.

2. Терморегулюючий вентиль призначений для ручної подачі у випарник такої кількості холодильного агенту, яка забезпечує оптимальну величину перегріву на всмоктуванні компресора.

3. Терморегулюючий вентиль призначений для ручної подачі у випарник такої кількості холодильного агенту, яка не забезпечує оптимальну величину перегріву на всмоктуванні компресора.

4. Терморегулюючий вентиль призначений для ручної подачі у випарник довільної кількості холодильного агенту.

6. За рахунок чого відбувається плавне регулювання відкриття клапана ТРВ?

1. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни перегріву пари у всмоктувальному трубопроводі.

2. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни пари.

3. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни перегріву у нагнітальному трубопроводі.

4. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни ТРВ.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ХОЛОДИЛЬНОЇ ШАФИ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Тема: Визначення коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи.

Мета роботи: Визначення коефіцієнту теплопровідності холодильної шафи k_F залежно від температури огороження.

Час: 4 год.

1 Теоретичні аспекти тепломасообміну

1.1 Способи передачі теплоти

Усі процеси, що протікають у часі і просторі, зв'язані з явищами переносу енергії і маси. Процеси переносу теплоти і маси, що протікають переважно в суцільних середовищах (у твердих тілах, рідинах і газах), є предметом вивчення цього фундаментального розділу теплотехніки.

Відповідно до другого закону термодинаміки під дією різниці температур відбувається процес переносу теплоти в просторі у бік менших значень температури. Самовільний необоротний процес переносу теплоти в просторі, обумовлений різницею температур, називається теплообміном. Закономірності переносу теплоти і кількісні характеристики цього процесу вивчаються теорією теплообміну.

Перенос маси відбувається при різниці концентрації речовини, при випаровуванні, кипінні, конденсації і в багатьох інших процесах. Якщо має місце обмін як теплотою, так і масою, то процес називається тепломасообміном. У теорії тепломасообміну вивчають потоки теплоти і маси.

Нехай q і j — вектори щільності потоків теплоти Q і маси M визначаються рівняннями:

$$Q = \int_F q \cdot n \cdot dF = \int_F q_n \cdot dF;$$

$$M = \int_F j \cdot n \cdot dF = \int_F j_n \cdot dF;$$

де Q — кількість теплоти, переданої через площу F за одиницю часу, Вт; q_n — проекція вектора щільності теплового потоку на напрямок нормалі, Вт/м²; n — одинична нормаль; M — кількість речовини, переданої через площу F за одиницю часу, кг/с; j_n — щільність потоку маси, кг/(м²·с).

Теплообмін може здійснюватися трьома способами: теплопровідністю, конвекцією і тепловим випромінюванням. Розрізняють також теплообмін при фазових перетвореннях (випаровуванні, кипінні, конденсації речовини).

Теплопровідність — це перенос тепла при безпосередньому контакті тіл (або частин одного тіла), що мають різні температури. Теплопровідність обумовлена рухом мікрочасток речовини і можлива у твердих, рідких і газоподібних середовищах.

Конвекція — це процес переносу теплоти при переміщенні макрооб'ємів рідини або газу у просторі з області з однією температурою в область з іншою. При цьому на перенос тепла істотно впливає процес переносу самого середовища.

Тепловим випромінюванням називається процес переносу теплоти в просторі за допомогою електромагнітних хвиль. При цьому має місце подвійне взаємне перетворення: частина внутрішньої енергії випромінювача перетворюється у енергію електромагнітних хвиль, що поглинаються теплосприймаючим тілом, перетворюючись у теплову енергію.

У дійсності в природі і техніці випадки поширення тепла відбуваються лише одним способом — теплопровідністю, конвекцією і тепловим випромінюванням. Найчастіше один вид теплообміну супроводжується іншим.

Конвекція тепла завжди супроводжується теплопровідністю, тому що при русі рідин і газів вони контактують з твердою поверхнею. Спільний

процес конвекції і теплопровідності називається конвективним теплообміном. На практиці можуть мати місце більш складні процеси переносу теплоти.

У техніці і побуті проходять процеси теплообміну між різними рідинами (стисливими, або нестисливими), розділеними твердою стінкою. Прикладом може служити процес передачі теплоти водою у опалювальному приладі навколишньому повітрю в приміщенні. Процес передачі теплоти від однієї рідини до іншої, що мають різну температуру, через розділяючу їх стінку називається теплопередачею.

1.2 Основні визначення

Процес теплообміну може мати місце тільки за умови, що в різних точках системи температура неоднакова. У загальному випадку температура залежить від координат x , y , зрозглянутої точки і часу τ :

$$t = f(x, y, z, \tau)$$

Сукупність значень температури для всіх точок простору в даний момент часу називається температурним полем. Якщо температурне поле в часі не міняється, воно називається стаціонарним, якщо ж змінюється — нестаціонарним. Тепловий режим тіла (або системи тіл), що відповідає стаціонарному температурному полю, називають сталим, а той, що відповідає нестаціонарному температурному полю — несталим.

Якщо температура тіла (системи тіл) змінюється у напрямку однієї координати, то температурне поле називають одномірним ($t=f(x)$), якщо вздовж двох координат ($t=f(x,y)$) — двомірним, у напрямку трьох координат ($t=f(x,y,z)$) — тримірним.

Якщо з'єднати всі точки тіла, що мають однакову температуру, одержимо поверхню рівних температур, або ізотермічну поверхню. Ізотермічна поверхня — це геометричне місце точок простору, що мають однакову температуру.

Оскільки в одній і тій же точці простору одночасно не може бути двох різних температур, то ізотермічні поверхні одна з одною не перетинаються. Усі вони або закінчуються на межі тіла, або замикаються на собі. Таким чином, зміна температури в тілі проходить тільки в напрямках, що перетинають ізотермічні поверхні (наприклад, у напрямку x , рисунок 1). Найбільш різка зміна температури має місце в напрямку нормалі n до ізотермічної поверхні.

Зміна температури в напрямку нормалі до ізотермічної поверхні характеризується градієнтом температури. Градієнтом температури є вектор, спрямований за нормаллю до ізотермічної поверхні в бік зростання температури і чисельно рівний похідній температури за цим напрямком (рисунок 4.1):

$$\text{grad}t = n_0 \frac{\partial t}{\partial n}$$

де n_0 - одиничний вектор, нормальний до ізотермічної поверхні і спрямований у бік зростання температур; $\frac{\partial t}{\partial n}$ - скалярна величина температурного градієнта, що дорівнює похідній температури за нормаллю.

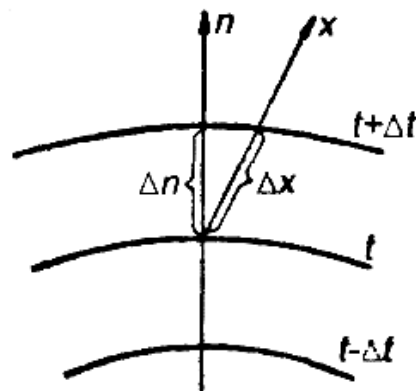


Рисунок 4.1 - До визначення температурного градієнта

Градієнт температури з від'ємним знаком, тобто спрямований у бік зменшення температури, називають падінням температури.

У неоднорідному температурному полі виникає перенос теплоти. Кількість теплоти, що проходить за одиницю часу через довільну поверхню F , називають тепловим потоком Q Вт. Тепловий потік, віднесений до одиниці площі поверхні, називають щільністю теплового потоку, або питомим тепловим потоком q , Вт/м².

Розрізняють місцеву (локальну) і середню за поверхнею F щільність теплового потоку. Зв'язок між ними визначається співвідношенням

$$q = \frac{1}{F} \int_F q_l dF ,$$

де q_l і q - відповідно локальна і середня за поверхнею, F щільність теплового потоку.

Тепло може виділятися внаслідок наявності внутрішніх джерел теплоти, що характеризуються щільністю об'ємного тепловиділення q_v , Вт/м³. Якщо величина q_v позитивна, то говорять, що в тілі є позитивні джерела тепла. При від'ємних значеннях q_v є негативні джерела (або стоки) тепла.

1.3 Теплопровідність. Основний закон теплопровідності

Відповідно до основного закону теплопровідності — закону Фур'є — кількість тепла dQ , що проходить за одиницю часу через елемент ізотермічної поверхні dF , пропорційна температурному градієнтові $\frac{\partial t}{\partial n}$, Вт:

$$dQ = -n_0 \lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF ,$$

де λ - коефіцієнт пропорційності, називається теплопровідністю, Вт/(м·К); n_0 — одиничний вектор нормалі до поверхні dF .

Щільність теплового потоку є вектор, що визначається співвідношенням:

$$q = -n_0 \lambda \frac{\partial t}{\partial n} .$$

Скалярна величина вектора щільності теплового потоку буде дорівнювати, Вт/м²:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}.$$

Знак мінус у рівняннях обумовлений різноспрямованістю векторів \vec{q} і $\vec{grad} t$: \vec{q} спрямований убік спадання температури, а вектор $\vec{grad} t$ за визначенням — убік її зростання.

З рівняння випливає, що теплопровідність λ дорівнює кількості теплоти, що проходить за одиницю часу через одиницю ізотермічної поверхні при градієнті температури, що дорівнює одиниці.

Теплопровідність є важливим фізичним параметром речовини. Величину коефіцієнта теплопровідності первинно визначають експериментальним шляхом. У загальному випадку теплопровідність залежить від роду речовини, її температури, тиску.

Теплопровідність газів знаходиться у межах від $\lambda = 0,006$ до $\lambda = 0,06$ Вт/(м·К). Для газів λ майже не залежить від тиску і збільшується з підвищенням температури. Теплопровідність водяної пари та інших реальних газів істотно відрізняється від теплопровідності ідеальних газів і помітно залежить від тиску. Теплопровідність краплинних рідин знаходиться у межах від $\lambda = 0,07$ до $\lambda = 0,7$ Вт/(м·К). Для більшості рідин, крім води і гліцерину, з підвищенням температури теплопровідність зменшується.

Теплопровідність металів лежить у межах від 20 до 400 Вт/(м·К). Найбільш теплопровідним металом є срібло ($\lambda = 410$ Вт/(м·К)) і чиста мідь ($\lambda = 395$ Вт/(м·К)). Сторонні домішки в металах помітно знижують значення теплопровідності. Для більшості металів з підвищенням температури теплопровідність зменшується.

Теплопровідність будівельних і теплоізоляційних матеріалів має значення від 0,01 до 2,9 Вт/(м·К). Матеріали з низьким значенням

теплопровідності (менше $0,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), звичайно застосовувані для теплової ізоляції, називаються теплоізоляційними.

2 Устаткування та прилади для роботи

На підприємствах торгівлі та громадського харчування для короткочасного зберігання відносно невеликих партій харчових продуктів використовують холодильні шафи. Від щільності ізоляції огороження холодильної шафи залежить економічність та енергозаощадження її роботи.

У лабораторній роботі використовується холодильна шафа типу ШХН-1-0,8 (рисунок 4.2).

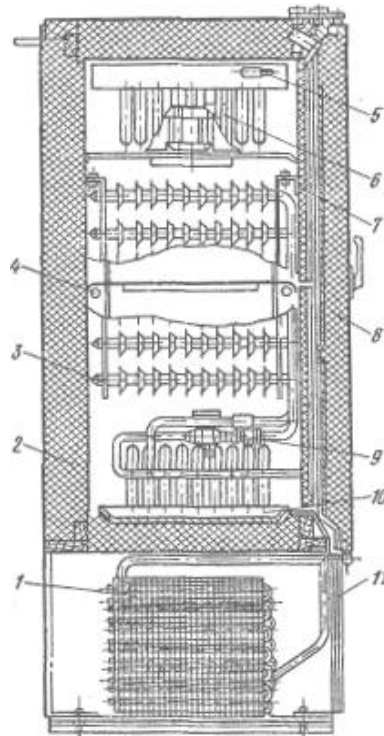


Рисунок 4.2 – Схема холодильної шафи ШХН-1-0,8

Холодильна шафа складається з холодильного агрегату 1, теплоізоляційного огороження 2, випарника 3, полиць для продуктів 4, лампи освітлення 5, вентилятора 6, дверей камери 7, дверей шафи 8, терморегулюючого вентиля 9, піддона 10 та знімальної решітки 11.

У середині холодильної шафи розміщений термоелектронагрівач, потужність якого регулюється лабораторним автотрансформатором.

4 Обробка експериментальних даних

Нехтуючи втратами, вважають, що вся потужність термоелектронагрівача переходить у тепло.

Коефіцієнт теплопровідності холодильної шафи

$$kF = \frac{N}{|t_3 - \bar{t}_{BH}|}, \quad (4.1)$$

де $\bar{t}_{BH} = \frac{t_{BH1} + t_{BH2} + \dots + t_{BHn}}{n}$ - середня температура всередині

холодильної шафи;

t_3 – зовнішня температура;

N – кількість термопар.

Температура огорожі

$$t_{OR} = \frac{t_3 + \bar{t}_{BH}}{2}. \quad (4.2)$$

Побудувати графік залежності коефіцієнта теплопровідності від температури огорожі $kF = f(t_{OR})$.

5 Контрольні питання:

- призначення та будова холодильної шафи;
- визначення коефіцієнта теплопровідності;
- тип термопар та особливості їх розміщення;
- конструкція термоізоляції холодильної шафи.

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. Основний закон теплопровідності – закон Фур'є – формулюється

так:

1. **питомий тепловий потік теплопровідності прямо пропорційний градієнту температур між ізотермічними поверхнями.**

2. **питомий тепловий потік теплопровідності прямо пропорційний різниці температур між ізотермічними поверхнями.**

3.питомий тепловий потік теплопровідності прямо пропорційний відстані між ізотермічними поверхнями.

4.тепловий потік залежить від температурного напору і площі поверхні, через яку він проходить.

2. Теплоперенос теплопровідністю описується рівнянням:

1.Стефана-Больцмана.

2.Кірхгофа.

3. Фур'є.

4.Н'ютона-Ріхмана.

3. На збільшення величини коефіцієнта теплопровідності будівельного матеріалу (наприклад цегли) із наведених факторів найбільш суттєво впливає:

1.об'ємна вага.

2.твердість.

3.повітропроникність.

4. вологість.

4. Щоб дати повний опис конкретного процесу теплопровідності, треба мати:

1.тільки диференційне рівняння теплопровідності.

2.тільки крайові умови.

3. диференційне рівняння теплопровідності разом з крайовими умовами.

4.закон Фур'є.

5. Процеси теплопровідності називаються нестационарними, якщо:

1.температурне поле змінюється тільки в просторі.

2.температурне поле змінюється тільки в часі.

3. температурне поле змінюється у часі, але не змінюється у просторі.

4.температурне поле змінюється і в просторі, і в часі.

6. Питомий тепловий потік - це:

1.кількість теплоти, що проходить через ізотермічну поверхню.

2.кількість теплоти, що проходить через одиницю ізотермічної поверхні.

3.кількість теплоти, що проходить через одиницю ізотермічної поверхні за одиницю часу;

4.теплота, що проходить через повну поверхню тіла.

СИСТЕМА РОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ, ЯКІ ОХОЛОДЖУЮТЬСЯ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема: Система розподілу повітря приміщень, які охолоджуються.

Мета: 1) Вивчення основних систем розподілу повітря.

2) Вивчення основ розрахунку параметрів повітря, що рухається, за закономірностями вільних струменів.

Час: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- Проробити практичну частину:

1) Вивчити поняття вільного і стиснутого повітряного струменя.

2) Ознайомитись з основами розрахунку параметрів повітря, що рухається, за закономірностями стиснених струменів.

3) Розрахувати повітряну завісу для дверей холодильної камери.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент у обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

а) вивчити конспект лекцій;

б) опрацювати рекомендовану літературу.

3 Практична частина

3.1 Загальні відомості

Для організації руху повітря у приміщеннях, які охолоджуються, їх оснащують спеціальним устаткуванням чи пристроями, що представляють собою систему розподілу повітря.

У холодильних камерах застосовують:

1) тунельну систему розподілу повітря;

2) хибну стелю;

- 3) систему повітряного душування;
- 4) повітроводи з подовжніми чи поперечними (радіальними) соплами;
- 5) двоканальну, одноканальну і безканалну системи.

Параметри повітряних струменів, які формуються системами розподілу повітря, залежать від їхнього виду (вільні і стиснуті струмені).

Системи розподілу повітря, які формують вільні струмені, отримали широке розповсюдження у камерах, призначених для холодильної обробки м'яса в тушах і напівтушах. У цих камерах слід створювати направлений обдув стегових частин, товщина яких визначає тривалість холодильної обробки напівтуші.

Системи розподілу повітря оцінюються і порівнюються за технологічними, економічними і експлуатаційними показниками.

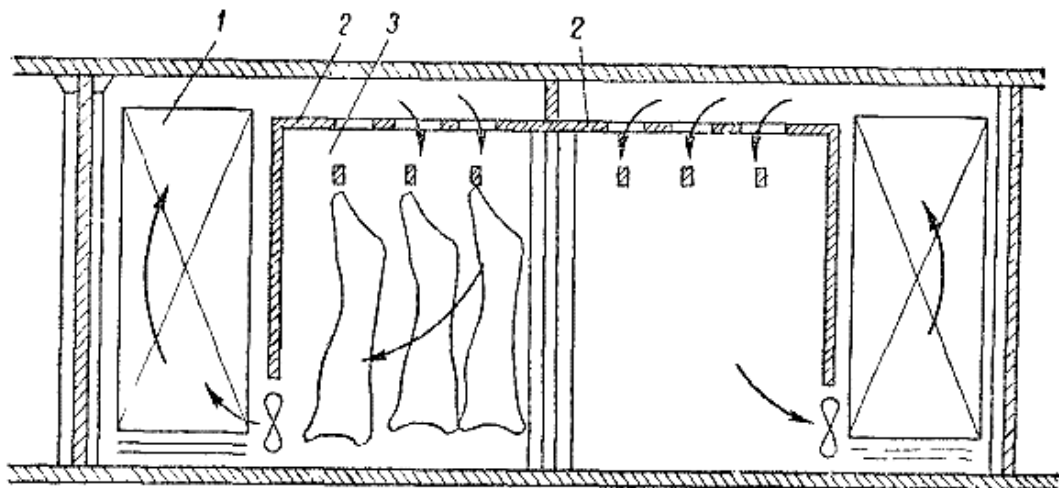
До технологічних показників відносять: рівномірність параметрів повітряного середовища (температура, вологість, швидкість) у вантажному об'ємі камер зберігання або у поверхні охолоджуваних (заморожуваних) продуктів у камерах холодильної обробки; постійність цих параметрів у часі, усушка продуктів і інтенсивність охолодження (заморожування); до економічних – питомі капітальні і експлуатаційні витрати, а до експлуатаційних – зручність монтажу, експлуатації і ремонту, а також можливість регулювання системи при зміні умов роботи охолоджуваного приміщення.

3.2 Теоретичні відомості

3.2.1 Системи розподілу повітря у камерах холодильної обробки харчових продуктів

Тунельна система

Тунельна система складається з тунелю, у якому знаходиться харчовий продукт, що піддається холодильній обробці, і перегородок, організуючих рух повітряного потоку в системі. Повітря може переміщатися уздовж короткої (поперечний рух) і довгої (подовжній рух) сторін приміщення або ж у вертикальній площині тунелю (рисунок 5.1).



1 – повітроохолоджувач; 2 – перегородки; 3 – тунель. Стрілками показано напрям руху повітря.

Рисунок 5.1 – Тунельна система розподілу повітря з рухом повітря у вертикальній площині

Охоложене у повітроохолоджувачі повітря вентиляторами направляється у тунель, де воно омиває продукт, який може розташовуватися на підвісних шляхах, етажерках, а також знаходитися у формах, ящиках або в коробках.

Тунелі з поперечним рухом повітря через значний живий перетин оснащуються декількома осьовими вентиляторами, а тунелі з подовжнім рухом – відцентровими. Для тунелів з подовжнім рухом повітря характерний значний аеродинамічний опір у циркуляційному кільці і менша, в порівнянні з тунелями з поперечним рухом, витрата повітря.

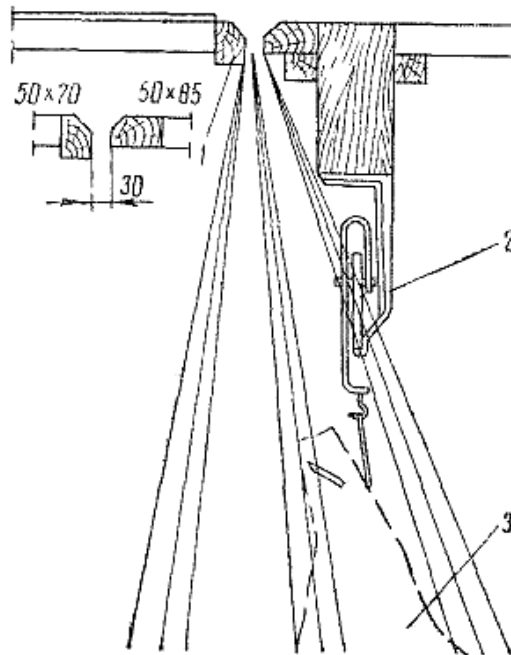
Тунельну систему розподілу повітря застосовують у камерах холодильної обробки продуктів.

Хибна стеля

Хибну стелю виготовляють з азбошиферних або з пластикових листів, встановлених у вигляді щитів між балками підвісних шляхів. У щитах, укладених над рейками підвісних шляхів, передбачаються щілини шириною 30-40 мм.

Висота простору, що утворюється між хибною стелею і перекриттям, в багатоповерхових холодильниках складає 800 мм; висота цього простору в одноповерхових холодильниках визначається величиною нахилу покрівлі.

Елемент конструкції камери, обладнаної хибною стелею, представлений на рисунку 5.2.



1 – хибна стеля; 2 – підвісний шлях, 3 – напівтуша м'яса.

Рисунок 5.2 – Елемент конструкції камери, обладнаної хибною стелею

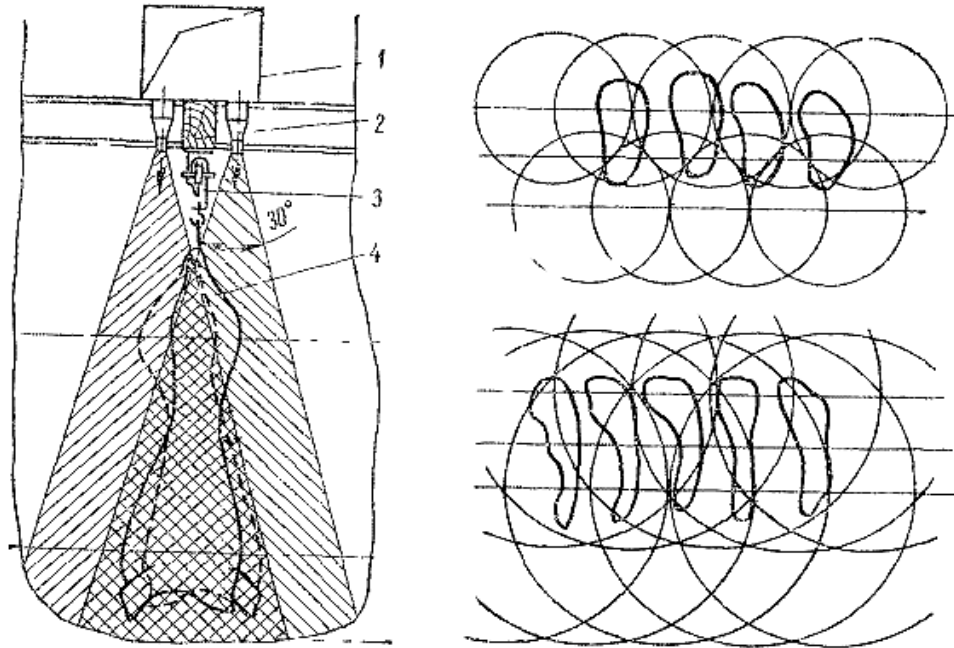
Ширина щілин хибної стелі 30-40 мм, а довжина 300-700 мм при відстані між щілинами 200-300 мм. При вказаних конструктивних розмірах щілин хибної стелі система розподілу повітря забезпечує розрахункові швидкості руху повітря.

Система повітряного душування

Система повітряного душування складається з металевих повітропроводів прямокутного або фасонного перетину, що знаходяться над підвісними шляхами. У повітропроводи вмонтовані циліндрові сопла діаметром 50 мм, розташовані в шаховому порядку (5-6 сопел на 1 м довжини повітропроводу).

При повітряному душуванні напівтуш м'яса стегові частини обдуваються повітряними струменями, що виходять з сопел.

Елемент конструкції камери, обладнаної системою повітряного душування, показаний на рисунку 5.3; характер розвитку повітряних струменів у напівтуш м'яса – на рисунку 5.4.



1 – повітропровід; 2 – сопло, 3 – підвісний шлях, 4 – напівтуша м'яса.

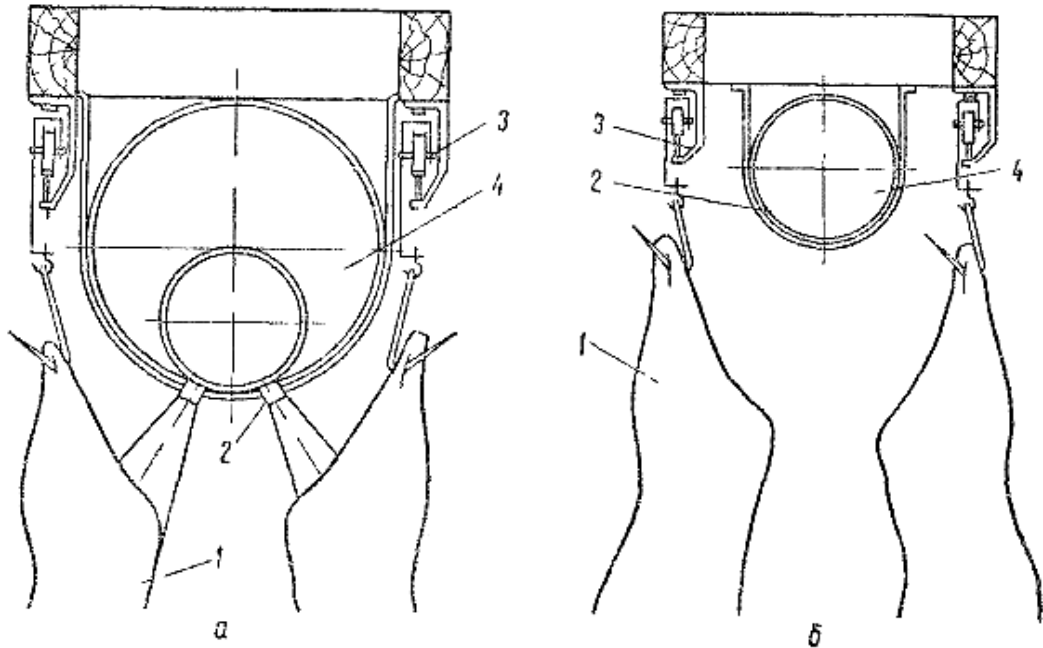
Рисунок 5.3 – Елемент конструкції камери, обладнаної системою повітряного душування

Рисунок 5.4 – Характер розвитку повітряних струменів у напівтуш м'яса

Виходячи з сопел і розширюючись за рахунок ежекції навколишнього повітря, струмені повітря зливаються і рухаються одним потоком, обдуваючи спочатку з найбільшою швидкістю стегові частини напівтуш, а потім з меншою – лопаткові. При русі струменів їх суміжні шари складаються, внаслідок чого середня швидкість руху повітря у зоні стегна напівтуш стає вищою за середню швидкість струменя, що виходить з окремого сопла.

Повітропроводи з подовжніми або з поперечними щілинами

Система розподілу повітря складається з повітропроводів, розташованих між підвісними шляхами (рисунок 5.5). Холодне повітря, що виходить з сопел, обдуває товсті стегові частини напівтуш. На відміну від системи повітряного душування виготовлення повітропроводів з щілинами значно простіше і дешевше.



а – з подовжніми щілинами, б – з поперечними щілинами

1 – напівтуша м'яса; 2 – сопло; 3 – підвісний шлях; 4 – повітропровід.

Рисунок 5.5 – Елемент конструкції камери, обладнаної повітропроводами:

При подачі повітря у камеру через подовжні щілини з оптимальною швидкістю обдувається лише частина поверхні стегової частини напівтуші, що приводить до зростання тривалості холодильної обробки м'яса.

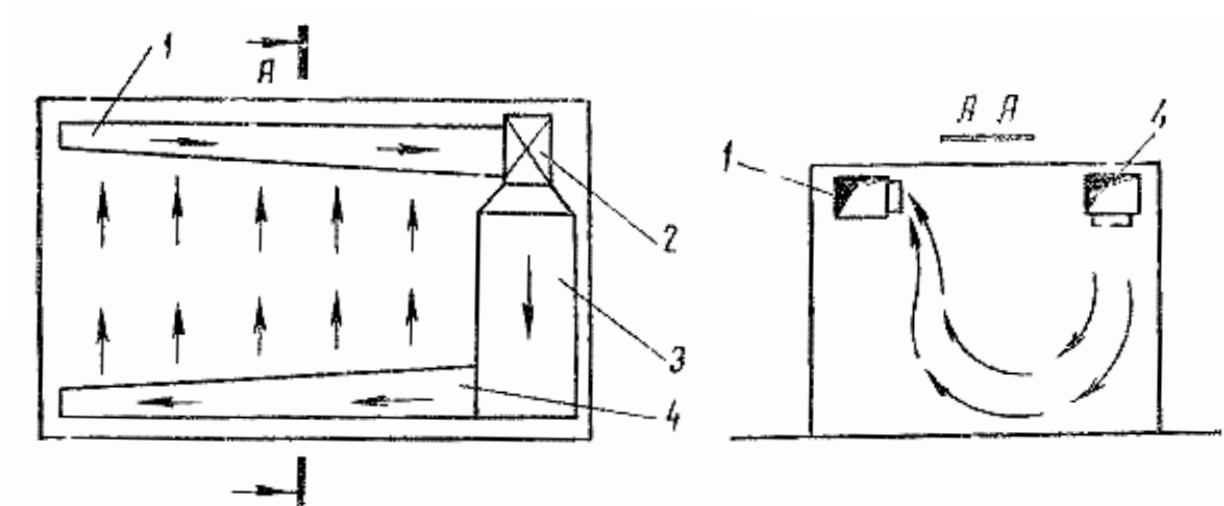
Більш досконалою є система подачі повітря через поперечні щілини повітропроводів, які доцільно розміщувати між підвісними шляхами (це дозволяє наблизити повітропровід до продукту і значно знизити швидкість виходу повітря з сопла). Для нормального обдуву стегових частин напівтуш необхідно передбачити вісім щілин на 1 м повітропроводу.

3.2.2 Системи розподілу повітря у камерах зберігання харчових продуктів.

Двоканальна система

У камерах зберігання рух повітря доцільно організувати за допомогою систем розподілу повітря так, щоб створити рівномірні поля (температурне і вологісне) у вантажному об'ємі камери; екранувати зовнішні огорожі охолоджуваних приміщень повітряними струменями.

Двоканальна система розподілу повітря (рисунок 5.6) складається зі всмоктуючого і нагнітального каналів з вікнами, вентилятора і повітроохолоджувача.



1 – всмоктуючий канал, 2 – вентилятор, 3 – повітроохолоджувач;
4 – нагнітаючий канал.

Рисунок 5.6 – Двоканальна система розподілу повітря

З приміщення повітря засмоктується через всмоктуючий канал і вентилятором подається у повітроохолоджувач, у якому повітря охолоджується і осушується. Після повітроохолоджувача холодне повітря прямує нагнітальним каналом у приміщення, де воно нагрівається і зволожується. Рівномірність розподілу повітря досягається установкою великої кількості вікон (два-три на шестиметровий проліт), з яких повітря подається в охолоджуване приміщення із швидкістю 1-2 м/с.

Для часткового екранування теплового потоку через зовнішні огорожі нагнітальні канали розташовують ближче до стелі, а вікна для подачі повітря – на нижній поверхні каналу. У цьому випадку холодне повітря, що виходить з вікон, створює повітряну завісу біля зовнішніх стін.

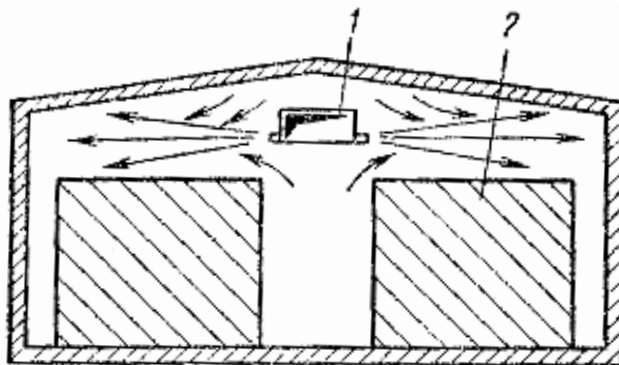
При двоканальній системі спостерігається помітна швидкість руху повітря тільки поблизу вікон нагнітальних каналів. Оскільки частину приміщення займають канали, зменшується його вантажний об'єм.

Одноканальна система

При одноканальній системі в охолоджуваному приміщенні розташовуються тільки нагнітальні канали. Одноканальна система розподілу повітря (рисунок 5.7) виконується з ежекторною подачею повітря і подачею його через вікна.

При ежекторній подачі холодне повітря прямує у приміщення через сопла різної конструкції, вмонтовані у повітропроводи.

У камерах схову харчових продуктів повітропроводи розміщуються у верхній зоні камери над вантажним проходом.



1 – нагнітальний канал; 2 – штабель вантажу.

Рисунок 5.7 – Одноканальна система розподілу повітря

В одноканальній системі з подачею повітря через вікна холодне повітря прямує у камеру схову продуктів через отвори з невеликою

швидкістю. Температура холодного повітря на 2-3°C нижча за температуру повітря приміщення.

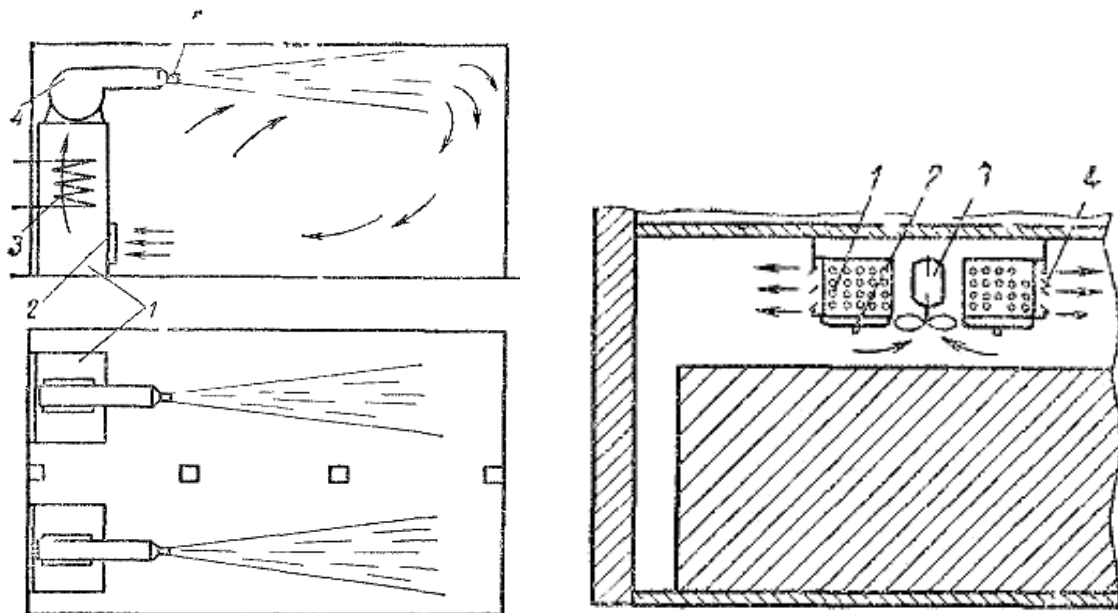
Рівномірна швидкість руху повітря у вантажному об'ємі камер схову з одноканальною системою розподілу повітря досягається розміщенням розгалуженої системи повітропроводів з великою кількістю вікон.

Спеціальні автоматичні заслінки вікон регулюють кількість повітря, що подається.

Безканална система

При безканалній системі холодне повітря подається у приміщення через циліндричні, конічні або прямокутні сопла (насадки).

Повітря звичайно охолоджується у постаментних повітроохолоджувачах (рисунок 5.8, а), які витісняються підвісними. Такі повітроохолоджувачі не займають будівельну площу охолоджуваних приміщень і розташовуються на відстані 3-6 м один від одного.



а – з постаментними повітроохолоджувачами: 1 – постаментний повітроохолоджувач; 2 – всмоктуюче вікно; 3 – охолоджуючі секції; 4 – відцентровий вентилятор 5 – сопло;

б – з підвісними повітроохолоджувачами: 1 – підвісний повітроохолоджувач; 2 – піддон повітроохолоджувача; 3 – вентилятор, 4 – направляючий апарат .

Рисунок 5.8 – Безканална система розподілу повітря

Повітря, охолоджене в підвісному повітроохолоджувачі (рисунок 8, б), подається у камеру за допомогою направляючого апарата.

Конструктивне оформлення направляючого апарата, що забезпечує раціональний рух холодного повітря, залежить від призначення охолоджуваного приміщення.

3.3 Практична частина

3.3.1 Вивчення основ розрахунку параметрів повітря, що рухається, за закономірностями

Приклад розрахунку повітряної завіси для дверей холодильної камери

У камері зберігання морожених продуктів температура дорівнює $t = -20$ °С (при такій температурі густина повітря $\rho_k = 1,35$ кг/м³), у коридорі $t_n = 6$ °С ($\rho_n = 1,29$ кг/м³). Розміри прорізу дверей $B \times H = 1,7 \times 2,2$ м. Повітря для завіси забирається з коридору. Визначити розміри повітряної завіси, швидкість руху повітря, що виходить з щілинного сопла, теплоприплив до камери, час дії повітряної завіси, а також за її відсутності.

Повітряна завіса є додатковим опором надходженню повітря крізь проріз дверей холодильної камери. Цей опір характеризується коефіцієнтом опору ξ або коефіцієнтом витрати повітря $\mu = \frac{1}{\sqrt{\xi}}$.

Коефіцієнт витрати повітря крізь двері при дії повітряної завіси знаходять за формулою:

$$\mu = \frac{\sqrt{1 + 4\mu_0 q^2 D} - 1}{2q^2 D}, \quad (5.1)$$

де μ – коефіцієнт витрати повітря крізь двері при дії повітряної завіси;
 μ_0 – коефіцієнт витрати повітря при відсутності повітряної завіси (для дверей холодильних камер $\mu_0 = 0,8$);

q – відношення кількості повітря, що подається у повітряну завісу, до кількості повітря, яке проходить крізь двері холодильної камери, ($q = \frac{V_3}{V_{np}}$);

D – безрозмірний комплекс.

Безрозмірний комплекс D визначаємо за залежністю:

$$D = \frac{F_{дв} \cdot \rho_{см}}{F_{ш} \cdot \rho_3} \sin \alpha,$$

де $F_{дв}$ – площа перерізу дверей, м²;

$$\mu = \frac{\sqrt{1 + 4 \cdot 0,8 \cdot I^2 \cdot 20} - 1}{2 \cdot I^2 \cdot 20} = 0,176$$

При визначенні кількості повітря V_{np} , яке буде проходити крізь двері за умов дії завіси, можливо припустити, що висота нейтральної зони $H_{н.з.}$ (перехідна межа між повітрям, яке входить до камери і повітрям, яке виходить з камери) – дорівнює висоті перерізу дверей H :

$$V_{np} = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H \cdot \mu \sqrt{2 \cdot g \cdot H \frac{\rho_k - \rho_H}{\rho_{см}}},$$

$$V_{np} = \frac{2}{3} \cdot 1,7 \cdot 2,2 \cdot 0,176 \sqrt{2 \cdot g \cdot H \frac{\rho_k - \rho_H}{\rho_{см}}}$$

4 Контрольні питання

- 1) Що таке вільний повітряний струмінь?
- 2) Що таке стиснутий повітряний струмінь?
- 3) Що собою являє система розподілу повітря, що формує вільні струмені?
- 4) Що собою являє система розподілу повітря, що формує стиснуті струмені?
- 5) Перелічіть параметри повітря, що рухається за закономірностями струменів.

- б) Перелічіть параметри повітря, що рухається за закономірностями стиснутих струменів.
- 7) Надайте схему розвитку вільного струменя.
- 8) Надайте схему розвитку стиснутого струменя.

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. Атмосферне повітря, яке є сумішшю сухого повітря і водяної пари, називають повітрям:

- 1.перенасиченим;
- 2.ненасиченим;
3. вологим;
- 4.насиченим.

2. Абсолютну вологість вологого повітря визначають за формулою:

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_{\max}} \cdot 100$$

1.

$$d = \frac{m_n}{m_{с.п.}}$$

2.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

3.

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i}$$

4.

3. Вологість повітря вимірюють за допомогою:

- 1.термопари.
- 2.пірометра.
3. психрометра.
- 4.планіметра.

4. Температура, до якої треба охолодити повітря з вмістом пари при постійному тиску, щоб воно стало насиченим називається температурою:

1. охолодження;
2. перенасичення;
3. насичення;
4. переохолодження.

5. Вологовмісткість - це:

$$1. \quad d = \frac{V_{\text{пари}}}{V_{\text{повітря}}}$$

$$2. \quad d = \frac{m_{\text{пари}}}{m_{\text{повітря}}}$$

$$3. \quad d = \frac{P_{\text{пари}}}{P_{\text{повітря}}}$$

$$4. \quad \varphi = \frac{\rho_{\text{пари}}}{\rho_{\text{повітря}}} 100\%$$

6. Течія, у якій рідина або газ рухаються хаотично, постійно змінюючи напрям руху відносно поверхні стінки, називається

1. турбулентною ;
2. ламінарною;
3. змішаною;
4. хаотичною.

ХОЛОДИЛЬНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

Тема: Холодильне технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів.

Мета: 1) Вивчення роботи обладнання для охолодження харчових продуктів.

2) Вивчення методів розрахунку обладнання для реалізації технологічного процесу охолодження на прикладі обладнання камери охолодження фруктів.

Час: 4 год.

1 Порядок виконання роботи

1) Вивчити призначення охолодження.

2) Ознайомитись з обладнанням для охолодження та основами розрахунку холодильного устаткування для охолодження харчових продуктів.

3) Розрахувати обладнання камери охолодження фруктів.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент у обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

- а) вивчити конспект лекцій;
- б) опрацювати рекомендовану літературу.

3 Практична частина

3.1 Загальні відомості

Охолодження харчових продуктів, яке є процесом зниження температури до криоскопічної або близької до неї, здійснюється, в

основному, повітрям, водою, а також льодом та снігом і залежить від специфічних особливостей харчових продуктів.

Холодильне технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів має свої специфічні особливості, його можна класифікувати як обладнання для охолодження м'яса, риби, плодів та овочів, птиці, молока і молочних продуктів.

Складність задач, які вирішуються при виробництві та зберіганні харчових продуктів, різниця продуктів за розміром, формою, механічними, теплофізичними та іншими властивостями потребує створення різноманітних за розмірами та призначенням об'єктів, які оснащуються холодильним технологічним обладнанням, різним за конструкцією, способом відведення теплоти від продукту, виду охолоджуючого середовища.

Розрізняють три види холодильного технологічного обладнання - тунель, камера та апарат.

Холодильний апарат призначено для холодильної обробки харчових продуктів, як правило, невеликої товщини. На відміну від камери і тунелю усі його елементи жорстко з'єднані в єдину конструкцію.

3.2 Теоретична частина

Важливою ланкою у холодильній обробці рослинної продукції є стаціонарні та пересувні холодильні установки для попереднього охолодження. Стаціонарні установки входять до складу холодильника і є спеціальними камерами, які споряджені повітроохолоджувачами і системами розподілу повітря. Найефективніше охолодження здійснюється шляхом продування повітря крізь рослинну продукцію, укладену штабелем. Такий спосіб називають активним вентиляванням штабеля.

Холододопостачання стаціонарних камер попереднього охолодження може бути централізованим та індивідуальним, причому останній спосіб є

ефективнішим для сільської місцевості завдяки можливості організації періодичного обслуговування.

Враховуючи особливості тепломасообміну в штабелі з рослинною продукцією (зокрема «дихання» рослин з виділенням теплоти і вологи, яка випадає у вигляді краплин у середині та на поверхні штабеля і спричиняє розвиток мікрофлори та бактеріологічне псування продуктів) сучасні холодильні установки мають забезпечувати в камерах такі умови:

- рівномірність температурного поля у вантажному об'ємі та підтримання температури на заданому рівні (0...–2 °С);
- окреме відведення теплоти від електродвигунів повітроохолоджувачів охолоджуючою поверхнею.

Усім вимогам відповідає повітряне охолодження з одноканальною системою розподілу повітря, яке забезпечує швидкість руху повітря у вантажному об'ємі камери 0,8...1м/с. Тривалість охолодження рослинної продукції 12...24 години. Площа поверхні повітроохолоджувачів повинна бути не менше 25 м² на 1 т продукції при 12-годинному циклі охолодження та 15 м² на 1 т продукції при 24-годинному циклі. Вантажі розташовують в ящиках (фрукти) або насипом (овочі) у контейнерах, з висотою укладки до 4 м.

При розрахунку обладнання камер охолодження сировини потрібно визначити теплове навантаження на камерне обладнання, величину вологоприпливу та теплопередаючу площу поверхні охолоджувачів повітря.

Теплове навантаження на камерне обладнання визначають для режиму охолодження продукції перед закладкою її на довгострокове зберігання або перед відправкою у район споживання, а також для режиму зберігання, який починається відразу після охолодження фруктів.

Теплове навантаження на камерне обладнання знаходять за формулою:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (6.1)$$

де Q_0 – теплове навантаження на холодильне устаткування;

Q_1 – теплоприплив крізь огороження камери, Вт;

Q_2 – теплоприплив від продукції, що охолоджується, Вт;

Q_3 – теплоприплив від тари, якщо продукція охолоджується у тарі, Вт;

Q_4 – теплоприплив від електродвигунів вентиляторів, Вт;

Q_5 – теплоприплив від дихання продукції, Вт.

Теплове навантаження на холодильне обладнання камери в загальному вигляді складе:

$$Q_0 = Q'_0 + Q_{звол} + Q_{підігр}, \quad (6.2)$$

де Q'_0 – теплове навантаження на охолоджувач повітря, Вт;

$Q_{звол}$ – теплоприплив, який пов'язаний з штучним зволоженням повітря, Вт;

$Q_{підігр}$ – теплоприплив, який пов'язаний з підводом підігрітого повітря, Вт.

За умов регулювання тільки температури повітря у камері:

$$Q_0 = Q'_0.$$

Вологоприплив, який проникає у холодильну камеру, визначають за формулою:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W'_4 + W''_4, \quad (6.3)$$

де W – вологоприплив, який проникає у холодильну камеру, кг/с;

W_1 – вологоприплив, який визвано дифузією водяних парів крізь огороження, кг/с;

W_2 – вологоприплив від продукції, кг/с;

W_3 – вологоприплив від вентиляції камери, кг/с;

W'_4 – вологоприплив від людей, які знаходяться у камері, кг/с;

W''_4 – вологоприплив від відкривання дверей, кг/с.

Вологоприплив, який відводиться приладами охолодження камери, можливо визначити за формулою:

$$W_0 = W + W_{звол}, \quad (6.4)$$

де W_0 – вологоприплив, який відводиться приладами охолодження камери, кг/с;

W – вологоприплив, який проникає у камеру, кг/с;

$W_{звол}$ – вологоприплив, який відводиться приладами охолодження камери від зволожувальної установки, кг/с.

Охолоджуючу площу поверхні повітроохолоджувача визначають за формулою:

$$F_{ПО} = \frac{Q_0}{K_0 \cdot \Delta t_m}, \quad (6.5)$$

де $F_{ПО}$ – площа поверхні повітроохолоджувача, м²;

K_0 – коефіцієнт теплопередачі охолоджувачів повітря, Вт/(м²·К);

Δt_m – середньологарифмічна різниця температур повітря та кипіння холодильного агента, °С.

Для камер охолодження рослинної продукції K_0 приймають рівним 15 Вт/(м²·К), а $\Delta t_m = 6...8$ °С (у режимі охолодження) та $\Delta t_m = 3...5$ °С (у режимі зберігання).

Після розрахунку теплопередаючої поверхні повітроохолоджувачів виконують підбір охолоджувачів повітря з наступним розрахунком систем розподілу повітря.

У камерах охолодження з інтенсивним рухом повітря величина кратності циркуляції повітря повинна бути не менш 60 об'ємів за 1 годину.

Для кращої організації циркуляції повітря вздовж теплоізованих огорожень та перекриттів встановлюють легкі екрани. Пристінні екрани мають перфорацію для збору повітря. У проміжку між екранами і огороженнями просмоктується повітря з камери, нагрівається і передає теплоту охолоджувачу повітря. Таким чином можна «перехоплювати» до 50 % зовнішніх теплоприпливів і зменшити усушку продукції.

3.3 Розрахункова частина

3.3.1. Вивчення методів розрахунку обладнання для охолодження плодів і овочів

Завдання.

У камері охолодження фруктів розміром $L \times B$, м (див. таблицю варіантів) охолоджуються яблука в дерев'яній тарі. Середня температура повітря у камері за цикл охолодження становить $t_n = 0^\circ\text{C}$. Яблука надходять з температурою t_1 (див. таблицю варіантів) і охолоджуються перед транспортуванням до t_2 (див. таблицю варіантів). Температура зовнішнього повітря $t_{зов}$ дорівнює (див. таблицю варіантів). Визначити місткість камери, тривалість охолодження яблук, упакованих у тару, теплове навантаження на камерне обладнання (ПО) і кількість ПО, що підлягає встановленню у камері.

Приклад розрахунку обладнання камери охолодження фруктів

У камері охолодження фруктів (рисунок 6.1) розміром 18×6 м охолоджуються яблука в дерев'яній тарі. Середня температура повітря у камері за цикл охолодження становить $t_n = 0^\circ\text{C}$. Яблука надходять з температурою $t_1 = 25^\circ\text{C}$ і охолоджуються перед транспортуванням до $t_2 = 6^\circ\text{C}$.

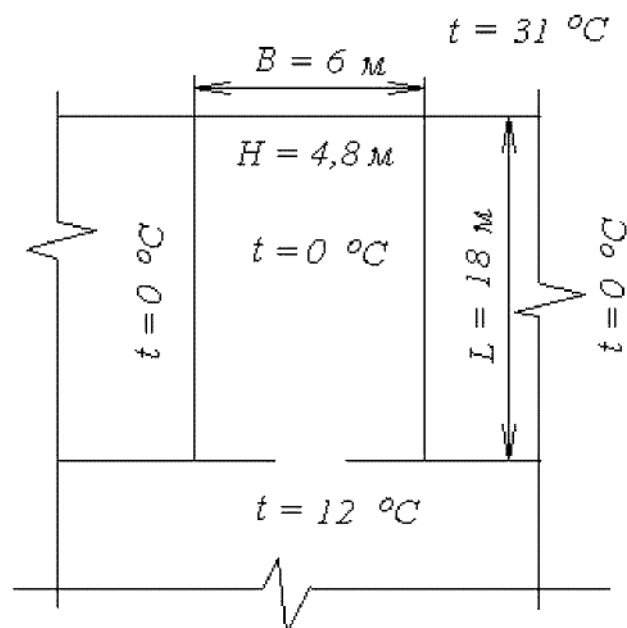


Рисунок 6.1 – Камера охолодження фруктів

Визначити місткість камери, тривалість охолодження яблук, упакованих у тару, теплове навантаження на камерне обладнання і кількість повітроохолоджувачів (ПО), що підлягають встановленню у камері.

Вважаємо, що яблука упаковані таким чином, що холодне повітря обтікає тару з усіх боків, створюючи рівномірне охолодження. При цьому навантаження на 1 м^2 будівельної площі підлоги згідно з нормами становить $g_F=400 \text{ кг/м}^2$.

Будівельна площа підлоги дорівнює:

$$F_{\text{буд}} = L_K \cdot B_K, \quad (6.6)$$

де L_K – довжина камери, м;

B_K – ширина камери, м.

Знаходимо численне значення будівельної площі підлоги:

$$F_{\text{буд}} = 18 \cdot 6 = 108 \text{ м}^2.$$

Місткість камери охолодження знаходимо за формулою:

$$G = F_{\text{буд}} \cdot g_F, \quad (6.7)$$

де g_F – норма навантаження, яка віднесена до 1 м^2 будівельної площі камери, кг/м^2 .

Знаходимо численне значення місткості камери:

$$G = 108 \cdot 400 = 43200 \text{ кг} = 43,2 \text{ т.}$$

Тривалість охолодження упакованих у тару (дерев'яні ящики) яблук τ , год, можна знайти за залежністю (охолодження за умов регулярного режиму):

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{t_1 - t_{\text{сер}}}{t_2 - t_{\text{сер}}}, \quad (6.8)$$

де m – темп охолодження, с^{-1} (для яблук у тарі можна прийняти $m = 0,0000197 \dots 0,0000161 \text{ с}^{-1}$);

$t_{\text{сер}}$ – температура охолоджувального середовища, $^{\circ}\text{C}$;

t_1 – початкова температура продукту, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 – кінцева температура продукту, $^{\circ}\text{C}$.

Розраховуємо тривалість охолодження яблук:

$$\tau = \frac{1}{0,000018} \ln \frac{25-0}{6-0} = 79200c \approx 22god.$$

Теплове навантаження на камерне обладнання, $Q_{0по}$, Вт, (повітроохолоджувачі - ПО) можна знайти за рівнянням:

$$Q_{0по} = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5, \quad (6.9)$$

де Q_1 – теплоприплив крізь огороження камери, Вт;

Q_2 – теплоприплив від продукту, який охолоджується, Вт;

Q_4 – теплоприплив від електродвигунів вентиляторів, які обслуговують повітроохолоджувачі, Вт;

Q_5 – теплоприплив від дихання продуктів рослинного походження, Вт.

Згідно норм будування холодильників для охолодження та зберігання рослинної продукції вважаємо, що камера охолодження яблук однією торцевою стінкою відокремлена від зовнішнього повітря з температурою $t_{зов} = 30^\circ\text{C}$, а іншою – від експедиції, температура повітря у якій $t_{екс} = 5^\circ\text{C}$. Дві бічні стіни відокремлюють камеру від аналогічних приміщень і теплоприплив крізь них відсутній. Холодильник одноповерховий, будівельна висота становить $h_{буд} = 4,8$ м.

Розраховуємо теплоприплив крізь огороження камери Q_1 , Вт за формулою:

$$Q_1 = K_{зов} \cdot F_{зов} (t_{зов} - t_{сер}) + K_{екс} \cdot F_{екс} (t_{екс} - t_{сер}) + K_{пер} \cdot F_{пер} (t'_{зов} - t_{сер}), \quad (6.10)$$

де $K_{зов}$ – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, Вт/(м²·К);

$K_{екс}$ – коефіцієнт теплопередачі для стіни, що відокремлює камеру від експедиції, Вт/(м²·К);

$K_{пер}$ – коефіцієнт теплопередачі для перекриття, Вт/(м²·К);

$F_{зов}$ – площа поверхні зовнішньої стіни, м²;

$F_{екс}$ – площа поверхні стіни, що відокремлює камеру від експедиції, м²;

$F_{пер}$ – площа поверхні перекриття, м²;

$t_{зов}$ – температура зовнішнього середовища, °С;

$t_{сер}$ – температура охолоджуючого середовища, °С;

t'_{306} – температура зовні перекриття з урахуванням впливу сонячної радіації, °С.

Розраховуємо F_{306} , $F_{екс}$, $F_{пер}$:

$$F_{306} = B_K \cdot h_{б\gamma\delta};$$

$$F_{306} = 6 \cdot 4,8 = 28,8 \text{ м}^2.$$

$$F_{екс} = B_K \cdot h_{б\gamma\delta};$$

$$F_{екс} = 6 \cdot 4,8 = 28,8 \text{ м}^2.$$

$$F_{пер} = L_K \cdot B_K;$$

$$F_{пер} = 18 \cdot 6 = 108 \text{ м}^2.$$

Температуру зовні перекриття з урахуванням впливу сонячної радіації розраховуємо за формулою:

$$t'_{306} = t_{306} + 10$$

$$t'_{306} = 30 + 10 = 40^{\circ} \text{C}$$

Обчислюємо Q_1 за формулою (10):

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0,40 \cdot 28,8(30 - 0) + 0,52 \cdot 28,8(5 - 0) + 0,37 \cdot 108(40 - 0) = \\ &= 375 + 75 + 1598 = 2018 \text{ Вт} \end{aligned}$$

При розрахунку теплоприпливу від продукту, що охолоджується, Q_2 , Вт, можливо скористатися формулою, яка враховує теплоприплив від продукту, що охолоджується, та тари, в якій знаходиться продукт.

У нашому випадку яблука охолоджуються у дерев'яних ящиках, розраховуємо теплоприплив віх; яблук в тарі за формулою:

$$Q_2' = \frac{G_{я} \cdot C_{я}(t_1 - t_2)}{\tau} + \frac{G_m \cdot C_m(t_1 - t_2')}{\tau}, \quad (6.11)$$

де $G_{я}$, G_m – маси яблук і тари відповідно, кг;

$C_{я}$, C_m – питомі теплоємності яблук і тари відповідно, Дж/(кг·К);

t_1 – початкова температура продукту, °С;

t_2 – кінцева температура продукту, °С,

t_2' – температура тари після охолодження яблук, °С.

Приймаємо, що:

Маса яблук $G_{я}$ дорівнює місткості камери G , $G_{я} = 43200$ кг;

Маса тари G_m орієнтовно дорівнює 0,1 від маси яблук G_y .

Обчислюємо G_m :

$$G_m = 0,1 \cdot 43200 = 4320 \text{ кг.}$$

Питома теплоємність яблук $C_y = 3645 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, (для яблук зимових сортів).

Питома теплоємність тари $C_m = 2700 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, (для дерев'яної тари).

Температуру тари після охолодження яблук t'_2 приймаємо рівною $3 \text{ }^\circ\text{C}$ (середнє значення між $t_{\text{сер}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ та $t_2 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$).

Обчислюємо Q'_2

$$\begin{aligned} Q'_2 &= \frac{43200 \cdot 3645(25 - 6)}{79200} + \frac{43200 \cdot 2700(25 - 3)}{79200} = \\ &= 36739 + 3240 = 39979 \text{ Вт} \end{aligned}$$

З урахуванням нерівномірності теплоприпливу при охолодженні в камері фруктових холодильників з періодичним завантаженням і вивантаженням фруктів вважаємо, що;

$$Q_2 = Q'_2 \cdot K_a, \quad (6.12)$$

де K_a – коефіцієнт, який враховує нерівномірність теплоприпливу в камері з періодичним завантаженням і вивантаженням ($K_a = 1,2 \dots 1,4$).

Приймаємо $K_a = 1,35$, тоді Q_2 дорівнює:

$$Q_2 = 1,35 \cdot 39979 = 53971 \text{ Вт.}$$

Величину експлуатаційних теплоприпливів від роботи електродвигунів вентиляторів Q_4 , Вт орієнтовано приймаємо рівною 0,15 від Q_2 . Тоді:

$$Q_4 = 0,15 \cdot 53971 = 8095 \text{ Вт.}$$

Теплоприплив від дихання яблук дорівнює:

$$Q_5 = G \cdot q_5, \quad (6.13)$$

де G – місткість камери, т;

q_5 – питомий теплоприплив від дихання рослинних продуктів, Вт/т.

З довідкових таблиць знаходимо q_5 (для яблук зимових сортів при температурі охолоджуючого середовища (повітря) 0°C) $q_5 = 9 \text{ Вт/т}$.

Розраховуємо Q_5 ;

$$Q_5 = 43,2 \cdot 9 = 389 \text{ Вт.}$$

Повне теплове навантаження на камерне обладнання (повітроохолоджувачі) становить:

$$Q_{0_{по}} = 2018 + 53971 + 8095 + 389 = 64473 \text{ Вт.}$$

Площа поверхні теплопередачі повітроохолоджувачів визначається за формулою (див. теоретичну частину):

$$F_{по} = \frac{Q_{0_{по}}}{K_0 \cdot \Delta t_m}, \quad (6.14)$$

де $F_{по}$ – площа поверхні повітроохолоджувачів, м^2 ;

K_0 – коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувачів, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Δt_m – середньологарифмічна різниця температур повітря та кипіння холодильного агента, $^{\circ}\text{C}$.

Для камер охолодження рослинної продукції K_0 приймають рівним $15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а $t_m = 6 \dots 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (у режимі охолодження).

Приймаємо $K_0 = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $t_m = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (середнє значення).

Розраховуємо $F_{по}$:

$$F_{по} = \frac{64473}{15 \cdot 7} = 614 \text{ м}^2.$$

Встановлюємо в камері підвісні повітроохолоджувачі типу х-160 угорського виробництва. Площа поверхні теплообміну повітроохолоджувачів $f_{по} = 156 \text{ м}^2$ кожний.

Розраховуємо необхідну кількість повітроохолоджувачів згідно залежності:

$$n_{по} = \frac{F_{по}}{f_{по}}, \quad (6.15)$$

де $n_{по}$ – кількість повітроохолоджувачів, шт.;

$F_{по}$ – площа поверхні теплопередачі повітроохолоджувачів, м^2 ;

$f_{по}$ – площа поверхні теплообміну одного повітроохолоджувача, м^2 ;

Знаходимо численне значення $n_{по}$:

$$n_{по} = \frac{614}{156} = 3,93 = 4 \text{ шт.}$$

Розміщуємо їх паралельно короткій стіні камери на відстані 2 м один від одного і від торцевих стін камери. Ширина одного повітроохолоджувача приблизно 2 м, тому:

$4 \text{ шт} \cdot 2 \text{ м} + 5 \cdot 2 \text{ м} = 18 \text{ м}$, що дорівнює заданій довжині камери ($L = 18 \text{ м}$).

Повітроохолоджувачі х-160 обслуговуються двома багатолопатевиими осьовими вентиляторами з продуктивністю $V_{вент} = 1000 \text{ м}^3/\text{год}$ кожний.

Сумарна кількість повітря, що спрямовується до камери, визначається за формулою:

$$V_0 = n_{вент} \cdot V_{вент}, \quad (6.16)$$

де $n_{вент}$ – кількість вентиляторів, які обслуговують повітроохолоджувачі, шт.

$V_{вент}$ – продуктивність одного вентилятора, $\text{м}^3/\text{год}$.

Приймаємо, що для камери охолодження яблук $n_{вент} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ шт.}$, $V_{вент} = 1000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Знаходимо чисельне значення:

$$V_0 = 8 \cdot 1000 = 8000 \text{ м}^3/\text{год} = 22,22 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Кратність циркуляції повітря у камері визначають за залежністю:

$$Z = \frac{V_0}{V_{б\text{уд}}}, \quad (6.17)$$

де Z – кратність циркуляції повітря в камері, $\text{год}'$;

V_0 – сумарна кількість повітря, що спрямовується до камери, $\text{м}^3/\text{год}$;

$V_{б\text{уд}}$ – будівельний об'єм камери, м^3 .

Будівельний об'єм камери знаходимо за формулою:

$$V_{б\text{уд}} = F_{б\text{уд}} \cdot h_{б\text{уд}}, \quad (6.18)$$

де $V_{б\text{уд}}$ – будівельний об'єм камери, м^3 ;

$F_{б\text{уд}}$ – будівельна площа камери, м^2 ;

$h_{б\text{уд}}$ – будівельна висота камери, м.

Будівельна площа камери $F_{\text{буд}} = 108 \text{ м}^2$, будівельна висота камери $h_{\text{буд}} = 4,8 \text{ м}$.

Обчислюємо $V_{\text{буд}}$:

$$V_{\text{буд}} = 108 \cdot 4,8 = 518,4 \text{ м}^3.$$

Тоді кратність циркуляції повітря у камері дорівнює:

$$Z = \frac{8000}{518,4} = 154 \text{ год}^{-1}.$$

Для камер інтенсивного охолодження фруктів кратність циркуляції повітря, має становити 150...200 год^{-1} , отже розраховане значення $Z=154 \text{ год}^{-1}$, відповідає цим нормам.

4 Контрольні питання

- 1) Охолодження харчових продуктів, його сутність.
- 2) Особливості організації та проведення процесу охолодження різних продуктів.
- 3) Класифікація холодильного технологічного обладнання для охолодження харчових продуктів.
- 4) Способи та обладнання, які використовують для охолодження харчових продуктів, будова, принцип дії, переваги і недоліки.
- 5) Порядок розрахунку обладнання для охолодження продуктів.

Таблиця варіантів завдання

№ варіанту	L×B, м	$t_{306}, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
1	18×6	20	25	5
2	16×4	21	26	6
3	12×3	22	27	7
4	18×6	23	28	8
5	16×4	24	29	4
6	12×3	25	30	5
7	18×6	26	31	6
8	16×4	27	32	7
9	12×3	28	33	8
10	18×6	29	34	5
11	16×4	30	35	6
12	12×3	31	36	7
13	18×6	32	37	8
14	16×4	33	38	4
15	12×3	34	39	5
16	18×6	35	40	6
17	16×4	20	25	7
18	12×3	21	26	8
19	18×6	22	27	5
20	16×4	23	28	6
21	12×3	24	29	7
22	18×6	20	25	4
23	16×4	21	26	5
24	12×3	22	27	6
25	18×6	23	28	7
26	16×4	24	29	8

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. До якої температури здійснюється охолодження харчових продуктів

1. до криоскопічної або близької до неї;
2. до криоскопічної або далекої від неї;
3. до навколишньої або близької до неї;

4. до низької або близької до неї.

2. Чим здійснюється охолодження харчових продуктів?

1. повітрям, водою, а також льодом та снігом;

1. киснем, водою, а також льодом та снігом;

1. неоном, водою, а також вітром;

1. парою, водою, а також туманом.

3. Який спосіб називають активним вентиляванням:

1. коли охолодження здійснюється шляхом продування повітря крізь рослинну продукцію, укладену штабелем;

2. коли охолодження здійснюється шляхом подачі повітря на рослинну продукцію;

3. коли охолодження здійснюється шляхом розміщення рослинної продукції у штабелі;

4. коли охолодження здійснюється шляхом занурення рослинної продукції у холодну воду.

4. Що треба визначити при розрахунку обладнання камер охолодження сировини:

1. теплове навантаження на камерне обладнання, величину вологоприпливу та теплопередаючу площу поверхні охолоджувачів повітря;

2. теплове розвантаження на камерне обладнання, величину вологовідпливу та поверхню охолоджувачів повітря;

3. теплове навантаження на усе обладнання, величину вологовмісту та площу охолоджувачів повітря;

4. теплове навантаження на овочі, їх вологість та температуру. поверхні охолоджувачів повітря.

5. Чому повинна дорівнювати величина кратності циркуляції повітря у камерах охолодження з інтенсивним рухом повітря?

1. не менш 60 об'ємів за 1 годину;

2. менше 30 об'ємів за 1 годину;

3. не менш 30 об'ємів за 2 години;

4. не менш 60 об'ємів за 1 хвилину.

6. Для чого встановлюють легкі екрани вздовж теплоізованих огорожень та перекриттів?

1. для кращої організації циркуляції повітря;
2. для кращої організації охолодження;
3. для кращої організації циркуляції повітря;
4. для кращої організації зберігання;

ХОЛОДИЛЬНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Тема: Холодильне технологічне обладнання для заморожування харчових продуктів.

Мета: 1) Вивчення роботи обладнання для контактного заморожування харчових продуктів.

2) Вивчення роботи обладнання для безконтактного заморожування харчових продуктів.

Час 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- 1) Вивчити призначення заморожування;
- 2) Вивчити класифікацію обладнання для заморожування харчових продуктів;
- 3) Вивчити обладнання для контактного і безконтактного заморожування харчових продуктів.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент у обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

- а) вивчити конспект лекцій;
- б) опрацювати рекомендовану літературу.

3 Загальні відомості

Заморожування - це зниження температури продукту нижче його криоскопічної температури. Для кожного продукту температура заморожування та характер процесу заморожування специфічні, тому

продукт вважається замороженим, якщо температура в глибині продукту досягла -8°C .

На сучасному рівні заморожування є основним засобом консервування харчових продуктів, що швидко псуються. Харчові продукти заморожуються з метою підготовки їх до тривалого зберігання. Заморожування здійснюється у повітрі та рідких середовищах. Під час заморожування харчових продуктів значна частини вологи, яка міститься у продукті, перетворюється у лід. При цьому знижуються органолептичні показники продукту, але при правильній організації процесу заморожування зниження якості продукту може бути зведено до мінімуму.

4 Теоретична частина

Обладнання, призначене для заморожування харчових продуктів, виконують у вигляді камер та морозильних апаратів.

На харчових переробних підприємствах, як правило, в камерах заморожують м'ясо, яке розташовують на підвісних коліях. У якості охолоджуючого середовища використовують повітря, яке охолоджують за допомогою парокомпресійних та повітряних холодильних машин. Холодильне обладнання камер заморожування складається з камерних охолоджуючих пристроїв: батарей та повітроохолоджувачів. У залежності від організації руху повітря камери заморожування виконують з примусовим та природним рухом повітря. Камери з примусовим рухом повітря обладнують повітроохолоджувачами, а інколи й батареями в сукупності з різними системами повітророзподілу, а камери з природним рухом повітря – пристінними, стелевими або міжрядними радіаційними батареями.

У залежності від організації технологічного процесу камери заморожування можуть бути камерами одно- та двофазного заморожування. У камерах однофазного заморожування заморожують теплі (парні) напівтуші м'яса, а двофазного - напівтуші попередньо охолодженого м'яса. При однаковому конструктивному рішенні камер одно- та двофазного

заморожування м'яса в камерах однофазного заморожування слід передбачати більшу площу поверхні охолоджуючих приладів.

Холодильні апарати застосовують для заморожування різноманітних харчових продуктів рослинного та тваринного походження невеликої товщини, вони дають змогу швидко здійснювати холодильну обробку безперервно в автоматичному режимі, з мінімальними втратами маси продуктів.

Застосовують апарати різноманітних типів, які відрізняються способом відведення теплоти від продукту, середовищем, що сприймає цю теплоту, типом пристрою для транспортування продуктів у процесі обробки.

5 Практична частина

Холодильне технологічне обладнання для контактного заморожування харчових продуктів

Повітряні морозильні апарати на сьогодні являються найбільш поширеними. Заморожування продуктів у повітрі дозволяє зберегти їх високі смакові та поживні властивості, а також гарний товарний вигляд.

Повітря – природне і досить інертне середовище. Його можна використовувати для холодильної обробки будь-яких продуктів у широкому інтервалі значень температур, швидкості руху та типу. Ці позитивні якості повітря зумовлюють універсальність його застосування і простоту конструкції повітряних морозильних апаратів. Недоліками повітря є низька здатність до акумулювання теплоти та схильність до поглинання вологи.

Повітряні морозильні апарати складаються з вантажного відсіку та відсіку повітроохолоджувачів. У вантажному відсіку застосовують тунельну систему розподілу повітря. У вантажному відсіку знаходиться продукт, що заморожується, який пересувається різноманітними транспортними засобами, у відсіках повітроохолоджувачів розташовують секції, які призначені для охолодження повітря, системи подачі повітря (вентиляторна установка) та піддон для збору талої води, який обігрівається.

Вид системи транспортування залежить передусім від цільового призначення апарата (асортимент харчових продуктів, які заморожуються) та його продуктивності. Використовуються візки (етажерки), конвеєри безперервної або періодичної дії, потік повітря (флюїдизаційний шар) або комбінації цих засобів транспортування.

Секції повітроохолоджувачів виконують з гладких або ребристо-трубних елементів зі змінним кроком оребрення, який зменшується за ходом руху повітря. Це пов'язано з тим, що волога, яка виділяється з продукту під час холодильної обробки, осаджується у вигляді інею на поверхні повітроохолоджувача, причому він випадає нерівномірно, передусім на перших за ходом руху рядах труб, що зменшує площу живого перерізу повітроохолоджувачів. Змінний крок оребрення має забезпечити збереження номінальної площі живого перерізу повітроохолоджувачів за довжиною.

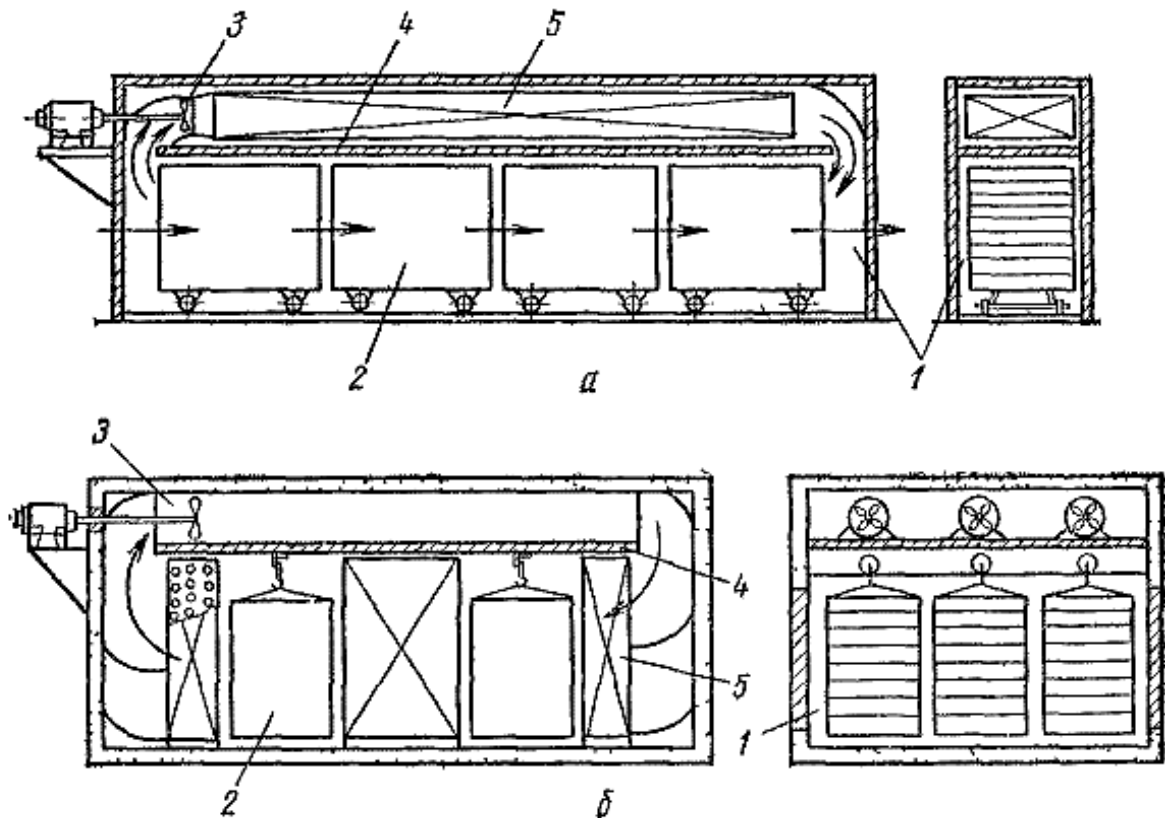
Система подачі повітря включає вентилятори (осьові, відцентрові) та розподільники повітря (канали, відбивачі). Будова системи залежить від аеродинамічного опору руху повітря та взаємного розташування повітроохолоджувача й продукту. Повітря може циркулювати як уздовж, так і поперек об'єму, який займає продукт і система транспортування. Довжина циркуляційного контуру має бути якомога меншою для мінімалізації аеродинамічного опору та змінювання швидкості руху і температури повітря. Чим менші ці зміни, тим рівномірніше здійснюється холодильна обробка продукту і тим менше його втрати на випаровування вологи, тому що здатність повітря поглинати вологу збільшується з підвищенням його температури.

Візкові апарати

Візкові апарати бувають з подовжнім або з поперечним рухом повітря, а також з ручним і механізованим переміщенням візків або етажерок. Крім того, вони можуть бути періодичної і безперервної дії. В апаратах

періодичної дії візка з продуктом завантажуються і вивантажуються періодично, а в апаратах безперервної дії – безперервно.

Схема будови *апарата з подовжнім рухом повітря* показана на рисунку 7.1, *а*. У вантажному відсіку знаходяться візки, на полицях яких розміщені продукти, які піддаються заморожуванню. Направлений рух повітря у апараті створюється хибною стелею, яка є одночасно і піддоном повітроохолоджувача.



а – з подовжнім рухом повітря; *б* – з поперечним рухом повітря

1 - вантажний відсік, 2 - етажерки або візки, 3- вентилятор, 4 – хибна стеля; 5 - повітроохолоджувач.

Рисунок 7.1 - Схема пристрою візкового морозильного апарата

Будова апарата з поперечним рухом повітря показана на рисунку 1,б. Апарат складається з одного або декількох вантажних відсіків, у яких знаходяться підвісні етажерки (або візки) з продуктами. Повітря, що подається вентиляторами, рухається у напрямку, перпендикулярному

подовжній вісі тунелю. У таких апаратах секції повітроохолоджувача утворюють вантажні відсіки.

У візкових апаратах швидкість руху повітря дорівнює 8–10 м/с. При однаковій швидкості руху повітря в апаратах з подовжнім рухом повітря воно нагріватиметься більше, ніж в апаратах з поперечним рухом.

При великій довжині вантажного відсіку і малій кількості повітря, що підводиться, нагрів його у вантажному відсіку може збільшуватися до 6–8° С, що викликає нерівномірність заморожування продуктів у апараті.

В апаратах контактного заморожування харчових продуктів (контактні апарати) відбувається безпосереднє інтенсивне відведення тепла від заморожуваного продукту до середовища, яке відводить тепло (рідкий азот і повітря, кріогенні рідини, вуглекислота, фреон-12, що пройшов спеціальне хімічне очищення, а також холодоносій – водний розчин хлористого натрію). При безпосередньому контакті харчового продукту з середовищем, що відводить тепло, воно повинне не викликати небажаного погіршення якості замороженого продукту.

Порівняльні показники дають підставу вважати, що вартість заморожування харчових продуктів у контактних апаратах з кріогенною рідиною вище, ніж у повітряних і плиткових морозильних апаратах.

Залежно від виду середовища, що відводить тепло, яке застосовують для холодильної обробки харчових продуктів, апарати контактного заморожування бувають кріогенні, вуглекислотні, фреонові, а також апарати для заморожування продуктів холодоносіями.

У кріогенних апаратах у якості середовища, яке відводить тепло, звичайно застосовують рідкий азот, а іноді і рідке повітря. При заморожуванні в цих апаратах продукт занурюється у рідкий азот або зрошується ним. За цією ознакою кріогенні апарати можна поділяти на імерсійні апарати (занурення продуктів у ванну з рідким азотом), а також на апарати з розпиленням рідкого агента у вантажному відсіку.

Імерсійні апарати

Ці апарати складаються з ізольованої ванни, в якій знаходиться рідкий азот, і конвеєра для переміщення заморожуваного продукту в апараті.

Переваги імерсійних апаратів – висока інтенсивність заморожування, компактність і простота будови.

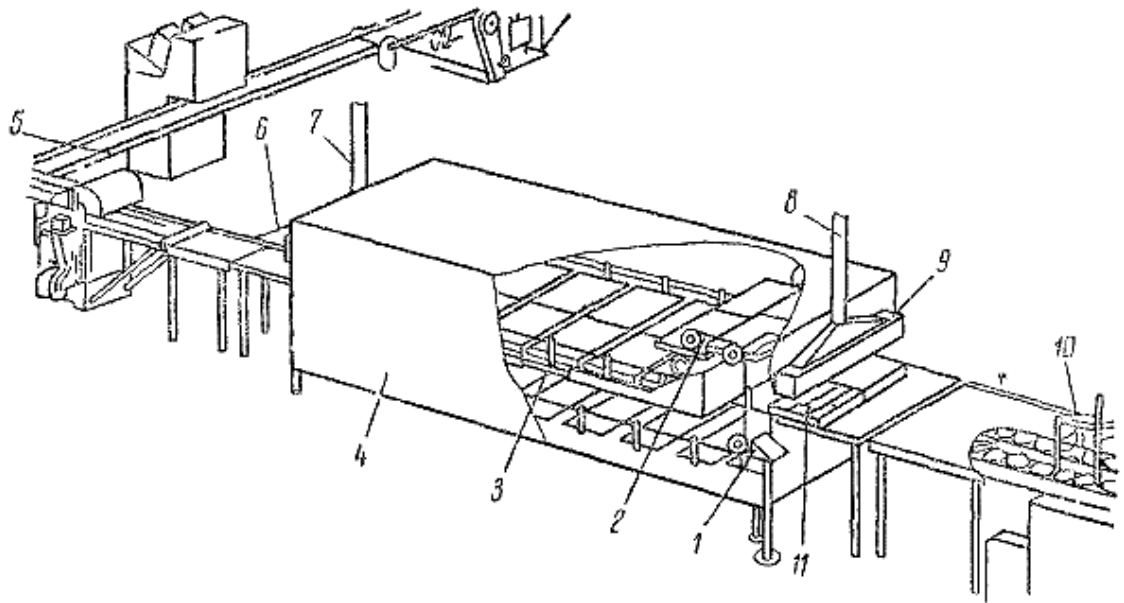
При зануренні теплого продукту у ванну з рідким азотом у ньому внаслідок високої швидкості заморожування і великої нерівномірності температур за об'ємом виникають значні внутрішні напруги, які порушують структуру продукту, викликаючи його розтріскування і розшарування. У таких апаратах питома витрата рідкого азоту досягає 2 кг і більш на 1 кг замороженого продукту. Зростання питомої витрати азоту призводить до збільшення вартості заморожування продукту. У цих апаратах важко регулювати температуру заморожуваного продукту, який звичайно має неоднакові геометричні розміри і форму.

Апарат для заморожування розфасованих харчових продуктів із зануренням їх у ванну з рідким азотом (рисунок 7.2) складається з вантажного конвеєра, ванни з рідким азотом, витяжних трубопроводів, завантажувального і розвантажувального столів, ізольованого контура, виконаного з неіржавіючої сталі і матеріалу теплоізоляції.

Продукт після фасувального автомата надходить на завантажувальний стіл, який передає його на вантажний конвеєр. Знаходячись на вантажному конвеєрі, продукт занурюється у ванну з рідким азотом і швидко заморожується. Потім продукт з вантажного конвеєра передається на розвантажувальний стіл, а з нього - на лінію упакування.

Газоподібний азот, що утворився при кипінні рідини у ванні, з вантажного відсіку апарата видаляється за допомогою витяжних трубопроводів. Рівень рідкого азоту у ванні автоматично підтримується регулятором. У ванну азот надходить з бака з рідким азотом. Апарат компактний, інтенсивний, малоенергоємний. Процеси розфасовки,

заморожування і упакування замороженого продукту апарата автоматизовані і механізовані.



1 – пульт керування; 2 – вантажний конвеєр; 3 – ванна з рідким азотом; 4 – ізолюваний контур; 5 – лінія упаковки заморожених продуктів; 6 – розвантажувальний стіл; 7, 8 – витяжні трубопроводи; 9 – приймальний колектор; 10 – фасувальний автомат; 11 – завантажувальний стіл.

Рисунок 7.2 - Імерсійний апарат для заморожування розфасованих харчових продуктів

Недоліки апарата – значна витрата азоту, розтріскування і деформація продукту, підвищені теплопритоки у вантажний відсік через вікно завантаження продукту в апарат і вивантаження замороженого продукту з апарата.

Технічна характеристика

Продуктивність, кг/год	100
Ємність, кг	6-10
Температура середовища, яке відводить тепло, °С	-196

замороженого продукту, °С	–20
Тривалість заморожування, хв	4–10
Габаритні розміри, мм	
довжина	5400
ширина	1800
висота	2300
Маса, кг	1300

Холодильне технологічне обладнання для безконтактного заморожування харчових продуктів

Апарати безконтактного заморожування призначені для заморожування блочних та дрібноштучних продуктів, як упакованих у тару, так й не упакованих.

Такі апарати компактні, інтенсивні та мають більш гарні в порівнянні з повітряними морозильними апаратами порівняльні показники.

До апаратів з безконтактним заморожуванням відносять плиткові морозильні апарати та апарати для заморожування упакованих продуктів рідкими холодоносіями.

Плиткові морозильні апарати призначені для заморожування різноманітних харчових продуктів у блоках: м'яса, субпродуктів, промислової риби, рибного філе та фаршу, творогу у блоках та брикетах дрібної розфасовки, овочевих та фруктових пюре.

Продукти, які заморожені в плиткових морозильних апаратах, мають правильну форму та легко упаковуються. При транспортуванні та подальшому зберіганні таких продуктів ефективно використовується вантажна місткість транспортних засобів та камер зберігання стаціонарних холодильників.

У плиткових морозильних апаратах упакований або не упакований продукт заморожується, знаходячись у контакті з рухомими морозильними плитами або з барабанами, які обертаються.

Морозильні плити переміщуються гідравлічним або електричним приводом, а також енергією рідини, щільно (під тиском 10...100 кПа) притискаються до продукту, що забезпечує формовку та підпресовку продукту, його гарний тепловий контакт з площею поверхні морозильних плит. Плити та барабани апарата охолоджуються киплячим холодильним агентом (випарна система) або холодоносієм, який охолоджується у випарнику. У випарну систему плиткового морозильного апарата холодильний агент може подаватися під різницею тисків конденсації та кипіння або циркуляційними насосами.

Апарати можуть обслуговуватися індивідуальними або центральними холодильними установками. Відсутність проміжного повітряного середовища в плиткових морозильних апаратах дозволяє зменшити перепад температур та інтенсифікувати теплообмін між продуктом, що охолоджується, та холодильним агентом (холодоносієм), а також відмовитись від громіздких та металоемних повітроохолоджувачів та енергоємних вентиляторів. Тому плиткові морозильні апарати інтенсивні, компактні та економічні. У порівнянні з повітряними морозильними апаратами знімання замороженого продукту з 1 м² площі підлоги, яку займають плиткові морозильні апарати, приблизно в 1,5-2 рази більше, а енерговитрати та маса цих апаратів на 30...40% менша.

У залежності від розташування морозильних плит та їхньої конструкції апарати бувають горизонтально-плиткові (апарати з горизонтальним розташуванням плит), вертикально-плиткові (апарати з вертикальним розташуванням плит), роторні (апарати з радіальним розташуванням плит), а також апарати барабанного типу.

Горизонтально-плиткові апарати застосовують для заморожування філе. У таких апаратах продукт, що знаходиться між плитами, заморожується у листах. Більшість горизонтально-плиткових морозильних апаратів – пристрої періодичної дії з ручним і механізованим

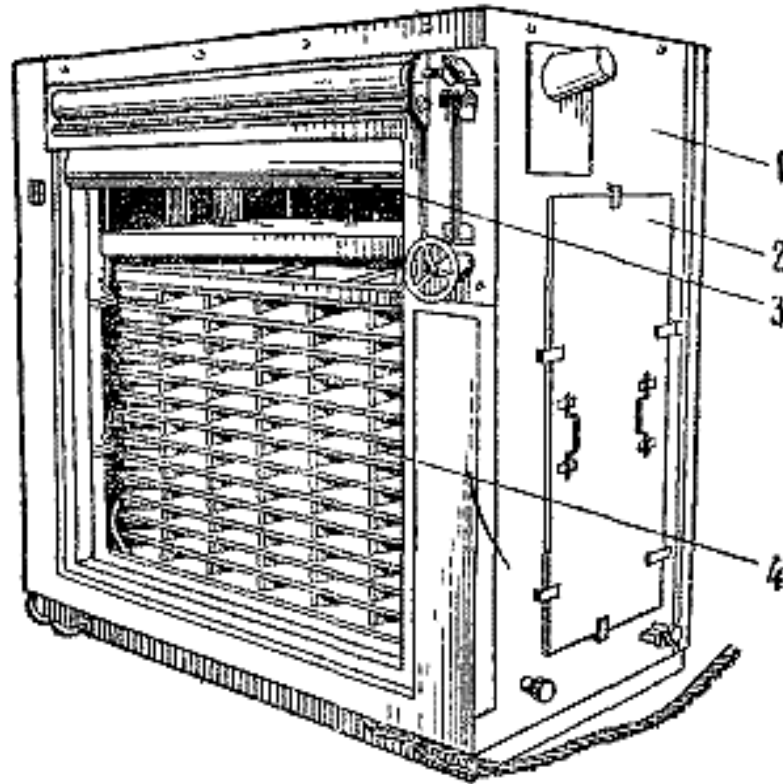
завантаженням і вивантаженням продукту. Деякі апарати виконуються з періодичним переміщенням блок-форм з продуктом морозильними плитами. Горизонтально-плиткові морозильні апарати випускаються з числом плит від 6 до 21 шт.

Горизонтально-плиткові морозильні апарати складаються з ізольованого контуру (шафи) з дверцями, рами (каркаса), морозильних плит, гідравлічного або механічного приводу, призначеного для переміщення морозильних плит. Привод може розміщуватися у верхній або в нижній частині апарата. У деяких апаратах гідравлічний привод (гідравлічні циліндри) розміщують збоку (поряд з морозильними плитами), що дозволяє виконувати апарат компактним. Тиск підпресування на продукт підтримується постійним за допомогою спеціального клапана, який автоматично перепускає масло з гідравлічних циліндрів у місткість. Такий клапан не допускає збільшення тиску на продукт при зростанні його об'єму в процесі заморожування.

Горизонтально-плитковий апарат з ручним завантаженням і вивантаженням продукту (рисунок 7.3) складається з ізольованого контуру, морозильних плит, знімних щитів, двошарової штори, гідравлічних циліндрів, призначених для переміщення морозильних плит, і вертикальних колекторів, які потрібні для подачі рідкого холодильного агента в плити і відведення парорідинної суміші з них.

В апараті розміщено 14 морозильних плит (розміром 1715×875 мм), відстань між якими може мінятися від 60 до 100 мм. У внутрішніх каналах морозильних плит циркулює холодильний агент, який підводиться до плит і відводиться від вертикальних колекторів за допомогою сильфонних металорукавів. До подаючого вертикального колектора апарата холодильний агент прямує з ресивера циркуляційним насосом.

Знімні щити призначені для огляду і ремонту окремих вузлів апарата (сильфонних металорукавів, обмежувальних болтів, що фіксують відстань між морозильними плитами, і ін.).



1 – ізолюваний контур; 2 – знімні щити; 3 – двошарова штора;
4 – морозильна плита.

Рисунок 7.3 - Горизонтально-плитковий апарат з ручним завантаженням і вивантаженням продукту

Ізолюваний контур закритий двошаровою шторою, один край якої жорстко прикріплений до апарата, а інший – сполучений з барабаном ручного приводу підйому штори. Між шарами штори вільно укладений натяжний порожнистий вал, що забезпечує рівномірне натягнення штори і постійний повітряний зазор між її шарами.

Поршні гідравлічних циліндрів, пов'язані з траверсою, передають зусилля морозильним плитам через завантажувальну раму з сферичним шарніром.

Продукт, що підлягає заморожуванню, укладається на листи, які вручну встановлюють на морозильні плити апарата. Після заморожування продукту листи вручну витягають з апарата, щоб видалити заморожені блоки.

Перевагами апарата є його компактність, інтенсивність процесу заморожування, рівномірне підпресування блоків з продуктом, а недоліком – необхідність застосування ручної праці при завантаженні апарата і вивантаженні листів з продуктом.

Технічна характеристика

Продуктивність, т/добу	6
Ємність, кг	780
Температура кипіння холодоагенту, °С	-40
Кінцева температура в центрі блоку, °С	-23
Тривалість заморожування, хв	150
Габаритні розміри, мм	
довжина	1390
ширина	2545
висота	2204
Маса, кг	4673

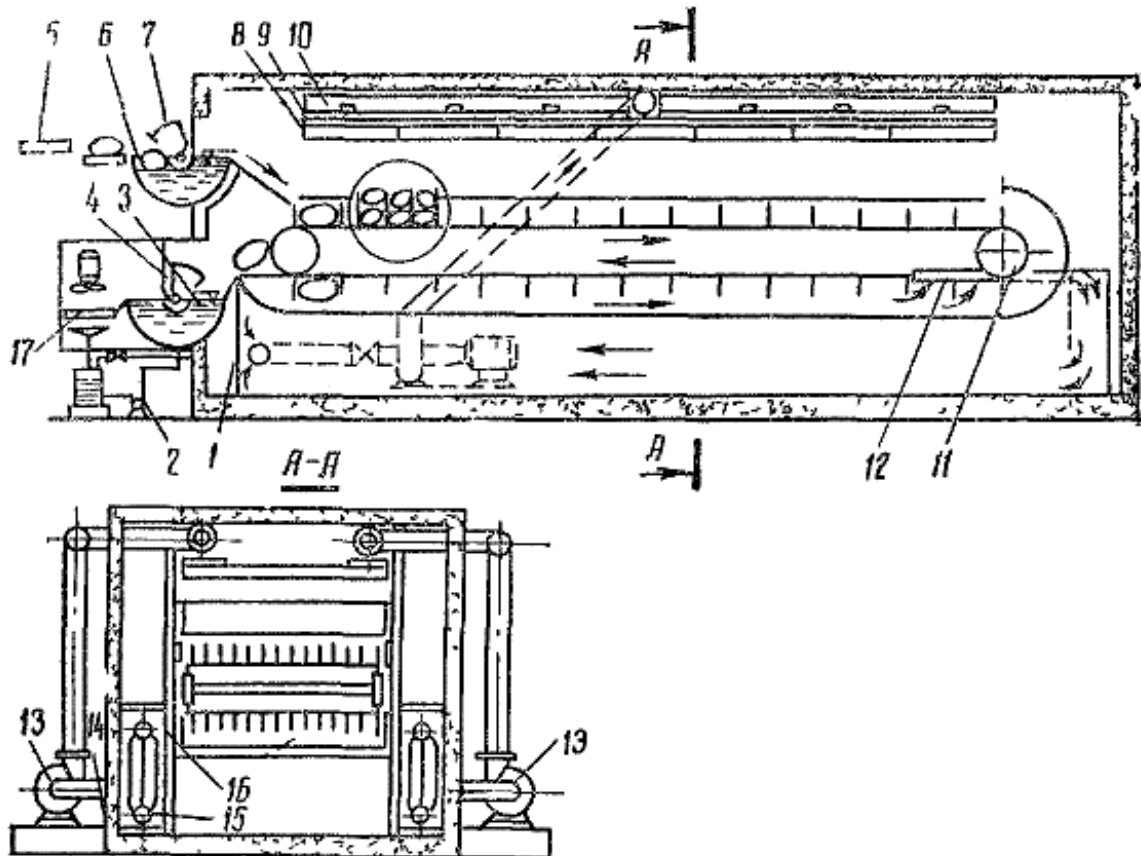
В апаратах для заморожування продуктів рідкими холодоносіями тепло від заморожуваного продукту до рідкого холодоносія передається або через металеву стрічку конвеєра, що рухається, або через герметичну вологонепроникну упаковку, щільно облягаючу (без повітряних прошарків) продукт. Щоб упаковка щільно прилягала до продукту, з неї видаляється повітря.

Апарати безконтактного заморожування бувають для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії; продуктів на сталевій стрічці, зрошуваній рідким холодоносієм; продуктів у металевих формах, занурюваних у рідкий холодоносій.

Апарат для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії

Апарат для заморожування упакованих продуктів рідким холодоносієм, що використовується для холодильної обробки тушок птаха

(рисунок 7.4), складається із завантажувального і розвантажувального гідравлічних затворів, виштовхувачів, транспортерної стрічки з клітьми, охолоджуючої ванни, розвантажувального транспортера з вентиляторами, циркуляційних насосів, випарників, розподільних колекторів, перфорованих піддонів, ізолюваного контуру.



6

1 – охолоджуюча ванна; 2 – насос для підтримки рівня у завантажувальному гідравлічному затворі; 3 – розвантажувальний гідравлічний затвор, 4 – виштовхувач, 5 – транспортер для подачі тушок птаха до завантажувального гідравлічного затвора, 6 – завантажувальний гідравлічний затвор, 7 – виштовхувач, 8 – перфорований піддон, 9 – фільтри, 10 – розподільчий колектор 11 – транспортерна стрічка з клітьми, 12 – водозливний отвір, 13 – циркуляційні насоси, 14 – ізолюваний контур, 15 – випарник, 16 – бак випарника, 17 – розвантажувальний транспортер з вентиляторами.

Рисунок 7.4 - Апарат для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії

Тушки птаха, що підлягають заморожуванню, прямують до завантажувального гідравлічного затвора, де за допомогою насоса постійно підтримується рівень холодоносія з тим, щоб повітря не могло проникнути всередину апарата. Після того, як тушки птаха потраплять у ліву частину завантажувального затвора, спрацьовує виштовхувач, який занурює тушки в холодоносій, а потім подає їх у порожню кліть транспортерної стрічки, що займає вихідну позицію для завантаження. Кліть забезпечення спеціальними перегородками, які переміщують тушки.

Проходячи верхню ділянкою транспортерної стрічки, тушки птаха рясно зрошуються холодоносієм, а потім поступають в охолоджуючу ванну з холодоносієм. Коли тушки досягнуть кінця охолоджуючої ванни, вони прямують у розвантажувальний гідравлічний затвор, з якого їх видаляє виштовхувач.

Після виходу замороженого продукту з апарата він потрапляє на розвантажувальний транспортер, що обдувається вентилятором. Краплі холодоносія, що залишилися на поверхні заморожених тушок, здуваються повітряним струменем і збираються у спеціальний піддон. З піддону холодоносій прямує в завантажувальний затвор. Заморожені тушки потрапляють під водяний душ, підсушуються другим вентилятором.

За допомогою двох циркуляційних насосів холодоносій засмоктується з випарників і поступає у розподільні колектори, а потім у перфоровані зрошувальні піддони. Холодоносій, стікаючи тонкими струменями на тушки птаха, прямує в охолоджуючу ванну і через водозливні отвори знов потрапляє у випарник. В апараті здійснюється протитечійний рух холодоносія по відношенню до руху тушок птаха, що покращує теплообмін при заморожуванні.

Безперечною перевагою апарата є використання нижньої гілки транспортерної стрічки, у зв'язку з чим його продуктивність збільшується. Конструкція апарата дозволяє уникнути деконцентрації холодоносія. Апарат надійно захищений від проникнення вологого повітря. Контакт з повітрям

мають тільки виштовхувачі і ліві сторони гідравлічних затворів. Температура холодоносія завантажувального гідравлічного затвора – позитивна, оскільки через нього проходять в апарат тушки птахи, температура яких 4–6° С. Отже, конденсація вологи і її надходження в холодоносії – незначні. Конденсація пари, що знаходиться у повітрі, можлива тільки в тій частині гідравлічного затвора, яка стикається із зовнішнім повітрям. Площа поверхні контакту холодоносія не перевищує 0,5 м², а разом з поверхнею виштовхувача і поверхнею крапель холодоносія вона складає не більше 1,5 м², що практично не впливає на деконцентрацію основної маси холодоносія, який циркулює в апараті. Тому відсутня необхідність встановлювати реконцентратор холодоносія, що значно здешевлює експлуатацію апарата. Втрати холодоносія в апараті мінімальні, оскільки холодоносії, що здувається з тушок, повертається у випарники.

Внаслідок того, що охолоджуючі секції випарників розташовані безпосередньо в апараті, відсутні додаткові циркуляційні насоси. Проте застосування як середовища, яке відводить тепло, рідкого холодоносія викликає корозію елементів апарата. Технічна характеристика апарата для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії приведена нижче.

Технічна характеристика

Продуктивність, кг/год	1000
Ємність, кг	700
Температура, °С	
середовища, яке відводить тепло	–30
замороженого продукту	–18
Тривалість заморожування, хв	40-50
Габаритні розміри, мм	
довжина	8500
ширина	3200
висота	2600
Маса, кг	4800

6 Контрольні питання

- 1) Теплофізична сутність та особливості процесу заморожування харчових продуктів;
- 2) Вплив швидкості заморожування на кристалізацію води у продукті;
- 3) Сучасні засоби контактного заморожування харчових продуктів;
- 4) Особливості організації та проведення процесу контактного заморожування харчових продуктів:
 - 5) Холодильне, технологічне обладнання камер заморожування м'яса;
 - 6) Повітряні морозильні апарати;
 - 7) Сучасні засоби безконтактного заморожування харчових продуктів;
 - 8) Особливості організації та проведення процесу безконтактного заморожування харчових продуктів;
 - 9) Апарати безконтактного заморожування.

Тестові запитання для самоперевірки та контролю знань:

1. До якої температури знижують температуру при заморожуванні?

1. до температури продукту нижче його криоскопічної температури, але не менше – 8°C у глибині продукту;
2. до температури продукту, яка дорівнює його криоскопічній температурі;
3. до температури продукту нижче його криоскопічної температури, але не менше – 40°C у глибині продукту;
4. до температури продукту нижче 0°C у глибині продукту.

2. Які переваги має заморожування продуктів у повітрі?

1. воно дозволяє зберегти їх високі смакові та поживні властивості, а також гарний товарний вигляд;
2. воно не дозволяє зберегти їх високі смакові та поживні властивості, а також гарний товарний вигляд;

3. воно дозволяє покращити їх смакові та поживні властивості, а також товарний вигляд;

4. воно дозволяє зберегти їх високі смакові та поживні властивості, а також гарний товарний вигляд.

3. Чому дорівнює швидкість руху повітря у візкових апаратах?

1. 8–10 м/с;
2. 18–20 м/с;
3. 0,8–1,0 м/с;
4. 81–100 м/с.

4. Чому дорівнює питома витрата рідкого азоту в імерсійних апаратах?

1. 2 кг і більш на 1 кг замороженого продукту;
2. 0,2 кг на 1 кг замороженого продукту;
3. 200 кг і більш на 1 кг замороженого продукту;
4. 0,002 кг на 1 кг замороженого продукту.

5. Який тиск розвиває гідравлічний привод плиткових морозильних апаратів?

1. 10...100 кПа;
2. 1...8 кПа;
3. 0,10...1,00 кПа;
4. 0,010...0,100 кПа.

6. Завдяки чому апарат для заморожування упакованих продуктів рідким холодоносієм надійно захищений від проникнення вологого повітря?

1. завантажувальному гідравлічному затвору;
2. механічному клапану;
3. електричному повітроосушувачу;
4. силикогелевому повітроосушувачу.

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИТОКІВ У ПОМІШКАННЯ, ЩО ОХОЛОДЖУЄТЬСЯ, І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ВИБОРУ КАМЕРНОГО УСТАТКУВАННЯ І ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з курсу «Холодильне устаткування»

Розрахунок теплопритоків у помешкання, що охолоджується, і визначення теплового навантаження для вибору камерного устаткування і холодильної машини

Метою даної РГР є вивчення методики розрахунку теплопритоків, необхідних для вибору камерного устаткування і холодильної машини та отримання навичок практичного застосування її на практиці.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РГР

1. Перерахувати основні теплопритоки в помешкання, що охолоджується.
2. Визначити, від чого залежать теплопритоки через захисні конструкції.
3. Визначити, від яких факторів залежить теплоприток від сонячної радіації.
4. Визначити, від чого залежать теплопритоки від вантажу.
5. Визначити, від яких факторів залежать теплопритоки при вентиляції.
6. Визначити, з яких теплопритоків складаються експлуатаційні теплопритоки.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1. Визначення розрахункового теплового навантаження для вибору камерного устаткування.

Для підтримки заданої температури в охолодженому помешканні необхідно, щоб усі теплопритоки відводились камерним устаткуванням-батареями і повітроохолоджувачами.

Навантаження на камерне устаткування визначають як суму всіх теплопритоків. Звичайно теплопритоки змінюються у часі і їхні максимуми не збігаються. Для точного визначення розміру максимуму результуючого теплопритока необхідно побудувати графіки зміни кожного з теплопритоків протягом року і зробити їхнє додавання.

Спрощена методика розрахунку припускає, що всі максимуми припадають на літній період року. Тоді навантаження на камерне устаткування може бути визначено:

$$Q_{06}=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5, \text{ кВт} \quad (1)$$

де Q_1 - теплопритоки через захисні конструкції;

Q_2 - теплопритоки від продуктів і матеріалів при їхній холодильній обробці;

Q_3 - теплопритоки з зовнішнім повітрям при вентиляції помешкань;

Q_4 - теплопритоки від різноманітних джерел при експлуатації;

Q_5 - теплопритоки від фруктів і овочів.

2. Розрахунок теплопритоків через захисні конструкції

Теплопритоки через захисні конструкції визначаються за формулою:

$$Q_1=Q_2+Q_3, \quad (2)$$

де Q_2 теплопритоки, викликані різницею температур зовні й усередині охолоджуємого приміщення;

Q_3 - теплопритоки, викликані впливом сонячної радіації;

P - розрахункова площа поверхонь огороження, м^2 ;

1 - розрахункова температура повітря з зовнішньої сторони огороження;

2 - розрахункова температура повітря усередині охолоджуємого приміщення.

Розрахункова температура зовнішнього повітря t_H береться за довідником. Для Мелітополя можна прийняти $t_H = 34^\circ\text{C}$ (розрахункова літня). Розрахункова температура повітря усередині помешкання залежить від призначення камери, виду продуктів, технологічних особливостей збереження і заморожування.

У холодильних камерах підприємств торгівлі і суспільного харчування продукти зберігаються від 2 до 3 діб, причому вони надходять на збереження в охолоджену або заморожену стані. Розрахункові параметри повітря в цих камерах приведені у таблиці 1.

Таблиця 1- Розрахункові параметри повітря.

Вид продуктів	Розрахункова температура t , $^\circ\text{C}$	Розрахункова вологість, %	Температура продуктів, що поступають
М'ясо, птиця (напівфабрикати)	0	85	-6
Риба	-2	85	-6
Молоко і молочні продукти	2	80	8
Фрукти, овочі, напої	4	80	20
Морозиво і заморожені продукти	-15	90	-12

Для холодильних камер на холодильниках для фруктів і винограду розрахункова температура повітря $t_B = -1^\circ\text{C}$, $\phi = 85\%$, кратність циркуляції 20...30 об'ємів у час при охолодженні і 8...12 об'ємів у час при збереженні. Температура продукції 25°C .

При розрахунку теплопритоків через внутрішні огороження, що відокремлюють одне помешкання від іншого, температура якого відома, замість температури зовнішнього повітря приймають температуру даного помешкання.

При розрахунку теплопритоків через внутрішні огороження, що виходять у неохолоджуєме помешкання (коридори, вестибюлі, тамбури), температурний напір приймають $0,6...0,7 (t_H - t_B)$.

Коефіцієнт теплопередачі огороження визначається за формулою:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (3)$$

де α_H, α_B - коефіцієнти теплопередачі з зовнішньої і внутрішньої сторони огороження, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

δ_i - товщина будівельних прошарків конструкції;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності будівельних прошарків конструкції $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

δ - товщина теплоізоляційного прошарку, м;

При проектуванні захисних конструкцій вибирають таку теплоізоляцію щоб річні початкові й експлуатаційні витрати були мінімальними. Це досягається при розмірі коефіцієнта теплопередачі, рівному нормативному або необхідному.

Таблиця 2 - Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін $K_{тр}$, при різній t_B .

Середньорічна температура повітря, °С	Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін $K_{тр}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ при внутрішній температурі					
	-40... -30	-22... -20	-15...-10	-4	0	4
0 і нижче	0,21	0,26	0,33	0,47	0,52	0,58
0...+9	0,20	0,23	0,28	0,35	0,4	0,44
>+9	0,19	0,21	0,23	0,8	0,3	0,35

Знаючи $k_{тр}$, можна визначити товщину теплоізоляційного прошарку.

Якщо для ізоляції використовуються плитні матеріали, то вибирають товщину ізоляційного прошарку, кратну стандартній товщині плит. Округлення товщини ізоляційного прошарку провадиться убік збільшення. Якщо прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від розрахункової більш

ніж на 10% ,то визначають дійсне значення коефіцієнта теплопередачі за формулою:

$$\delta_{tp} = \lambda_{из} \left[\frac{1}{\kappa_{TP}} - \left(\frac{1}{a_H} \right) + \sum_{\lambda_i}^{\delta_i} + \frac{1}{a_B} \right] \quad (4)$$

Теплопритоки через підлогу, розташовану на ґрунті, визначають підсумовуванням тепловтрат через умовні зони шириною 2м за формулою:

$$Q_{it} = \sum k_{ycl} F \cdot (t_H - t_B) \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

де K_{ycl} - умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги, Вт/м · К;

(для I, II, III, IV зон K_{ycl} дорівнює 0,47; 0,23; 0,12; 0,07 Вт/м²·К відповідно);

F - площа відповідної зони підлоги, м².

Кількість теплоти від сонячної радіації залежить від географічної широти, характеру поверхні й орієнтації поверхні.

Для плоскої стріхи надлишкова різниця температур залежить тільки від тону фарбування. Для плоских стріх без фарбування =17,7°С, із фарбуванням світлих тонів=14,9°С.

Для шатрових стріх надлишкову різницю температур приймають у залежності від географічної широти для південної зони. Для зовнішніх стін надлишкова різниця температур визначається за таблицею в залежності від географічної широти, орієнтації стін сторонами обрїю і матеріалу стін. Для географічної широти Мелітополя 48° надлишкову різницю температур можна визначити за таблицею 3.

Таблиця 3 - Надлишкова різниця температур.

Стіна	Δt_c							
	Півн	Пів	ПівнЗ	С	З	ПівдС	ПівдЗ	Півд
Бетонна	8,0	8,8	10,0	9,8	11,7	5,1	5,6	0
Цегельна	9,1	9,9	11,5	11,0	13,2	5,8	6,3	0
Побілена	4,9	5,4	6,1	6,0	7,2	3,2	3,5	0
Пофарбована в темні тони	7,1	7,7	8,8	8,5	10,2	4,5	4,9	0
Облицьована білими глазурованими плитками	3,2	3,5	4,0	3,9	4,7	2,0	2,2	0

2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИТОКІВ ВІД ПРОДУКТІВ І МАТЕРІАЛІВ

Теплоприток Q_{2np} при охолодженні і заморожуванні продуктів у камерах зберігання визначається за формулою:

$$Q_{2np} = M_{np} \Delta h \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \text{кВт},$$

де M_{np} - добове надходження продуктів, т/доб;

Δh - різниця питомих ентальпій продуктів, що відповідають початковій і кінцевій температурам продукту (кДж/кг), значення яких вибирають за довідниками.

Добове надходження продуктів у камери зберігання складає 10% від місткості камер для збереження фруктів.

Теплопритоки від фруктів і овочів при "подиху" визначаються за формулою:

$$Q_{2r} = M_T C_T (t_1 - t_2) \frac{10^3}{24 \cdot 3600}.$$

Маса тари складає від 10 до 20% маси вантажу. Масу дерев'яних ящиків для фруктів приймають рівною 20% маси фруктів. Питома теплоємність тари залежить від матеріалу: для дерев'яної і картонної тари $C_T=2,3$ кДж/кг-К, металевої $C_T= 0,5$, скляної $C_T= 0,8$.

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИТОКІВ ПРИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОМЕШКАНЬ

Враховується тільки при проектуванні холодильників і камер для збереження фруктів. Теплоприток від зовнішнього повітря розраховують за формулою:

$$Q_3 = M_{вз} (h_H - h_B),$$

де $M_{вз}$ - масова витрата вентиляційного повітря, кг/с;

h_H, h_B - питомі ентальпії зовнішнього повітря і повітря у камері, кДж/кг.

Масова витрата вентиляційного повітря виходячи з необхідності забезпечення кратності повітрообміну декількох об'ємів у добу:

24-3600, де V - об'єм помешкання, що вентилюється, м³;

a - кратність повітрообміну;

ρ_1 - щільність повітря у камері, кг/м³.

Кратність повітрообміну в камерах холодильника для фруктів $a=(3...4)$ У к/доб.

4 РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ТЕПЛОПРИТОКІВ

Теплопритоки від освітлення розраховують за формулою:

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3},$$

де A - теплота, що виділяється джерелами освітлення в одиницю часу на 1 м² площі підлоги;

F - площа камери, м². Для камер зберігання $A = 2,3$ Вт/м².

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИТОКІВ ВІД ПРОДУКТІВ І МАТЕРІАЛІВ У ХОЛОДИЛЬНІЙ КАМЕРІ

Теплоприток від продуктів

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{np} \cdot C_0 \cdot F_{tr} \cdot \left[\left(\frac{T_{tr}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_k}{100} \right)^4 \right] = 0.785 \cdot 5.7 \cdot 3.14 \cdot 0.15 \left[\left(\frac{700}{100} \right)^4 - \left(\frac{360}{100} \right)^4 \right] = 4860 \text{ BT/m}$$

1.1. Теплоприток від освітлення

$$q_1 = AF \cdot 10^{-3}$$

$$q_1 = 2,3 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 9,92 \text{ кВт}$$

1.2. Теплоприток від перебування людей

$$q_2 = 0,35n$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт}$$

1.3. Теплоприток від працюючих електродвигунів

$$q_3 = Nc$$

$$q_3 = 3 \text{ кВт}$$

1.4. Теплоприток від відчинення дверей .

$$q_4 = KF \cdot 10^{-3}$$

$$q_4 = 4 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ кВт}$$

1.5. Експлуатаційні притоки

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

2. Визначення розрахункового теплового навантаження для вибору камерного устаткування

$$Q_{об} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_{об} = 15,2 + 103,9 + 9,3 + 6,92 + 13,3 + 148,62 \text{ кВт}$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Холодильные машины: Учебник для ВТУЗов/Под общ. ред. И.А. Сакуна.-Л.: Машиностроение, 1985.-510 с.
2. Гиль И.М. Устройство, монтаж и техническое обслуживание холодильных установок / И.М. Гиль. - М.: Пищевая промышленность, 1973.-465 с.
3. Холодильні установки: Підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; За ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.
4. Якобсон В.Б. Малые холодильные машины / В.Б. Якобсон. – М.: Пищевая промышленность, 1977.-368 с.
5. Колач С.Т. Холодильное оборудование для предприятий торговли и общественного питания / С.Т. Колач. Уч. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Академия, 2003. – 240 с.
6. Главацкая В.И. Механическое и холодильное оборудование предприятий общественного питания: Учебник для технол. отд-ний техникумов сов. торговли и обществ. питания / В.И. Главацкая, И.Е. Киселева, Т.Н. Родникова. –3-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 1982. – 408 с.
7. Кочетков Н.Д. Холодильная техника / Н.Д. Кочетков.– М.: Машиностроение, 1966. – 408 с.
8. Курылев Е.С. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам / Е.С. Курылев, Н.А. Герасимов. – Л.: Машиностроение, 1971.-256 с.
9. Якшаров Б.П. Справочник механика по холодильным установкам / Б.П. Якшаров, И.С. Смирнова. – Л.: Агропромиздат, 1989.- 312 с.1. Холодильные машины: Учебник для ВТУЗов/Под общ. ред. И.А. Сакуна.-Л.: Машиностроение, 1985.-510 с.

Відповіді на тестові запитання

Тема 1. Вивчення конструкції парової компресійної холодильної установки: **1–2; 2–1; 3–1; 4–4; 5–2; 6–1.**

Тема 2. Компресори холодильних машин:
1–2; 2–3; 3–4; 4–1; 5–1; 6–1.

Тема 3. Конструкція контрольно-вимірних приладів та автоматики холодильної установки:

1–1; 2–1; 3–1; 4–2; 5–1; 6–1.

Тема 4. Визначення коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи
: **1–1; 2–3; 3–4; 4–3; 5–4; 6–3.**

Тема 5. Система розподілу повітря приміщень, які охолоджуються:
1–3; 2–4; 3–3; 4–3; 5–2; 6–1.

Тема 6. Холодильне технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів:

1–1; 2–1; 3–1; 4–1; 5–1; 6–1.

Тема 7. Холодильне технологічне обладнання для заморожування харчових продуктів:

1–1; 2–1; 3–1; 4–1; 5–1; 6–1.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Вивчення конструкції парової компресійної холодильної установки	4
Компресори холодильних машин	19
Конструкція контрольно-вимірних приладів та автоматики холодильної установки	33
Визначення коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи	44
Система розподілу повітря приміщень, які охолоджуються	55
Холодильне технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів	68
Холодильне технологічне обладнання для заморожування харчових продуктів.	84
Розрахунково-графічна робота з курсу «Холодильне устаткування»	102
Розрахунок теплопритоків у помешкання, що охолоджується, і визначення теплового навантаження для вибору камерного устаткування і холодильної машини.	
Список використаної літератури	110
Відповіді на тестові запитання	111