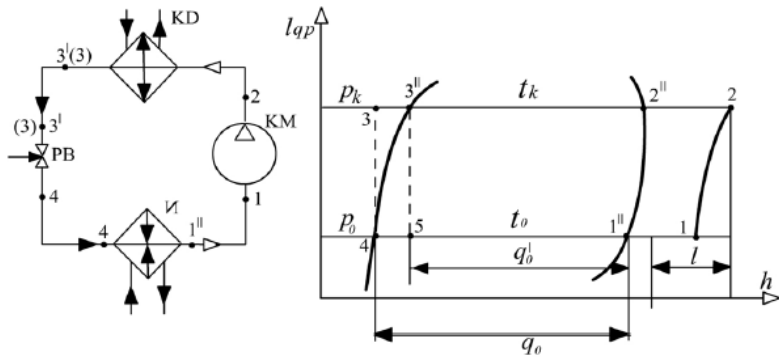


ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ХОЛОДИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

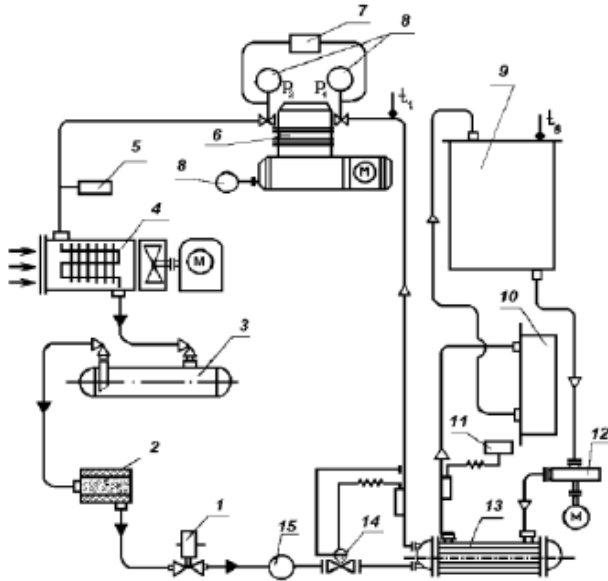


$$\varepsilon_x = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{h_1 - h_5}{(h_2 - h_4) - (h_1 - h_5)}$$

$$\varepsilon_x = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}$$

ЯЛПАЧИК В.Ф., СТРУЧАЄВ М.І., ЯЛПАЧИК Ф.Ю.,
ТАРАСЕНКО В.Г., ЦІБ В.Г.

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ХОЛОДИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ



Мелітополь
Видавничий будинок
Мелітопольської міської друкарні
2017

УДК 621.56/59 (076)

ББК 31.392 я 73

Л12

*Розглянуто і рекомендовано до друку Вченою Радою Таврійського державного агротехнологічного університету.
Протокол № 6 від „29” листопада 2016 року*

Автори:

В.Ф. Ялпачик, доктор технічних наук, професор кафедри Обладнання переробних та харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету

М.І. Стручаєв кандидат технічних наук, доцент кафедри Обладнання переробних та харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету

Ф.Ю. Ялпачик, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри Обладнання переробних та харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету

В.Г. Тарасенко кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Обладнання переробних та харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету

В.Г. Циб старший викладач кафедри Обладнання переробних та харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету

Рецензенти:

Ю.О. Чурсінов, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Технологія переробки та зберігання продукції сільського господарства Дніпропетровського державного аграрного університету

Б.В. Орловський, заслужений діяч науки і техніки України доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Машини легкої промисловості Київського національного університету технологій та дизайну

Л12

Лабораторний практикум з холодильного устаткування для підготовки фахівців зі спеціальності обладнання переробних і харчових виробництв: Навчальний посібник / В.Ф. Ялпачик, М.І. Стручаєв, Ф.Ю. Ялпачик, В.Г. Тарасенко, В.Г. Циб., – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. –203 с.

ISBN

Посібник рекомендований для студентів навчальних закладів III і IV рівня акредитації для використання у навчальному процесі з підготовки спеціальності "Обладнання переробних і харчових виробництв", дисципліни "Холодильне устаткування".

УДК 621.56/59 (076)

ББК 31.392 я 73

ISBN

© Ялпачик В.Ф., Стручаєв М.І.,
Ялпачик Ф.Ю., Тарасенко В.Г.,
Циб В.Г., 2017

© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2017

Вступ

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

Застосування холодильного устаткування спрямоване на зменшення втрат і підтримання якості виробничої продукції, здійснення допоміжних низькотемпературних процесів у виробництві харчової продукції і зменшення енерговитрат.

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 профілюючих 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.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Тема: Вивчення конструкції парової компресійної холодильної установки на прикладі побутового холодильника КХ-240 та холодильної машини МВТ – 14.

Мета роботи: Вивчення будови, принципу дії і правил експлуатації парової компресійної холодильної установки побутового холодильника КХ-240 та холодильної машини МВТ - 14, техніки безпеки при їх роботі.

Для досягнення основної мети роботи необхідно:

- вивчити теоретичні аспекти виробництва холоду, цикли, $T-S$ і $h - \lg P$ - діаграми парової компресійної холодильної машини, її призначення;
- вивчити властивості холодильних агентів;
- вивчити конструкцію, принцип дії і правила експлуатації парової компресійної холодильної установки на прикладі побутового холодильника КХ-240 та холодильної машини МВТ - 14, техніку безпеки при їх роботі.

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- По лабораторній установці холодильної машини і плакатам виконати пункти, зазначені в програмі роботи.

- Зобразити цикл роботи холодильної машини $T-S$ і $h - \lg P$.

(Приклад побудови циклу наведений на рис. 7).

- Оформити звіт по лабораторній роботі. Звіт повинен містити схему лабораторної установки, основні технічні характеристики і діаграму циклу холодильної машини. Дати аналіз.

2 Завдання для самостійної роботи

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

а) Згідно рекомендованій літературі позааудиторно вивчити теоретичні основи отримання холоду, цикли, $T-S$ і $h - \lg P$ - діаграми холодильних машин, властивості холодильних агентів і теплообмінні апарати [5] с.199-213, [6] с.100-102.

б) Вивчити конструкцію та правила експлуатації побутового холодильника КХ-240 та холодильної машини МВТ-14.

в) Скласти правила техніки безпеки під час роботи з холодильним устаткуванням з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці.

3 Загальні відомості

Холод – найбільш досконалий засіб, який перешкоджає розвитку різноманітних мікроорганізмів у швидкопсувних харчових продуктах. В умовах закладів ресторанного 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 харчової 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 харчових 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 від продукції, що зберігається, 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, в 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: фреони - фторхлорпохідні вуглеводів типу $C_mH_nF_2Cl$; аміак NH_3 ; хлористий метил CH_3Cl , вуглекислий газ CO_2 і таке інше.

Процес штучного виробництва холоду в циклі парової компресійної холодильної установки

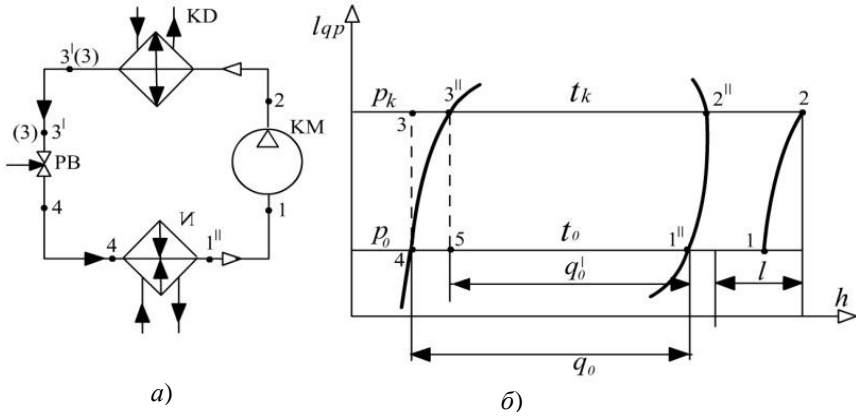
Принципова схема установки зображена на рис. 1. На цьому ж рисунку зображений її цикл у TS-координатах (цифри на схемі відповідають точкам, зазначеним на TS-діаграмі).

Установка працює у такий спосіб. З випаровувача волога насичена пара зі ступенем сухості x_1 при тиску P_1 і температурі T_{H1} усмоктується компресором і стискається адіабатно (процес 1-2) до тиску P_2 і температури T_2 . З компресора перегріта пара холодоагенту подається у конденсатор, 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 2-3-4-5-1-2. 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_{H1} . 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 - компрессор; КД - конденсатор; РВ - дросельний клапан; И - випаровувач; б) цикл її роботи в $h - lgr$ координатах.

Рис. 1. Схема парової компресійної холодильної установки

Холодильний коефіцієнт цієї установки:

$$\varepsilon_x = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{h_1 - h_5}{(h_2 - h_4) - (h_1 - h_5)}. \quad (1)$$

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

$$\varepsilon_x = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}, \quad (2)$$

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

Процес штучного виробництва холоду в циклі абсорбційної холодильної установки

У деяких випадках для підвищення тиску робочого тіла в циклі холодильної установки доцільно витратити не механічну енергію, а теплоту, наприклад, технологічної пари, електронагрівача, сонячного випромінювання. У таких холодильних установках як робоче тіло використовується бінарна суміш речовин, що мають різну температуру кипіння при тому самому тиску. Одна з речовин, що має більш низьку температуру кипіння, є холодоагентом, а інша – абсорбентом. Переважно в якості холодоагента використовується аміак, а як абсорбент – вода.

Схема абсорбційної холодильної установки подана на рис.2.

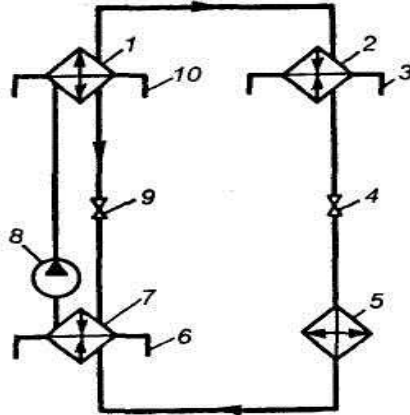


Рис. 2. Схема абсорбційної холодильної установки

У генераторі 1 знаходиться концентрований водо-аміачний розчин під тиском P_2 . За рахунок підведення теплоти q_1 ззовні (наприклад, через змійовик 10 подається гаряча пара) відбувається випаровування холодоагента. Внаслідок цього в генераторі залишається розчин малої концентрації. Пара холодоагента, що утвориться у генераторі, з високою концентрацією холодоагента направляється у конденсатор 2, де охолоджується водою, що проходить через змійовик 3, і конденсується. Конденсат проходить через дросельний клапан 4, у результаті чого тиск його знижується від P_2 до P_1 . Внаслідок дроселювання спадає і температура рідкого холодоагента. Після дроселя холодоагент надходить у випарник 5. У випарнику в результаті підведення теплоти в кількості q_2 відбувається подальший випар холодоагента до стану вологої насиченої пари. З випарника пара направляється в абсорбер 7, де вона абсорбується слабким розчином (абсорбентом), що надходить з генератора. При цьому теплота абсорбції q_{abc} відводиться з холодною водою, що циркулює у змійовику 6. Оскільки в генераторі 1 тиск P_2 вище тиску P_1 в абсорбері 7, то між ними встановлюється дросельний клапан 9. У процесі абсорбції концентрація холодоагента в розчині, що знаходиться в абсорбері, підвищується. Насичений розчин подається насосом 8 з абсорбера в генератор 1.

Таким чином, в абсорбційній холодильній установці замість стиску холодоагента в компресорі відбувається процес десор-

бції, тобто виділення з розчину при постійному надлишковому тиску холодоагента (аміаку) за рахунок підведеної теплоти q_1 .

Відношення теплоти q_2 , відведеної від охолоджуваної речовини у випарнику, до витраченої теплоти q_1 називається **коефіцієнтом тепловикористання, або тепловим коефіцієнтом** абсорбційної холодильної установки.

$$\xi = \frac{q_2}{q_1}. \quad (3)$$

Абсорбційні холодильні установки мають порівняно низьку термодинамічну ефективність, але внаслідок простоти будови (відсутність компресора) і надійності в експлуатації знайшли широке застосування. Особливо перспективні в сільському господарстві геліоабсорбційні холодильні машини, що працюють за рахунок сонячної енергії.

4 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

Побутовий холодильник КХ-240 являє собою металічну 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 і фотографія холодильної машини побутового холодильника наведена на рис. 3.

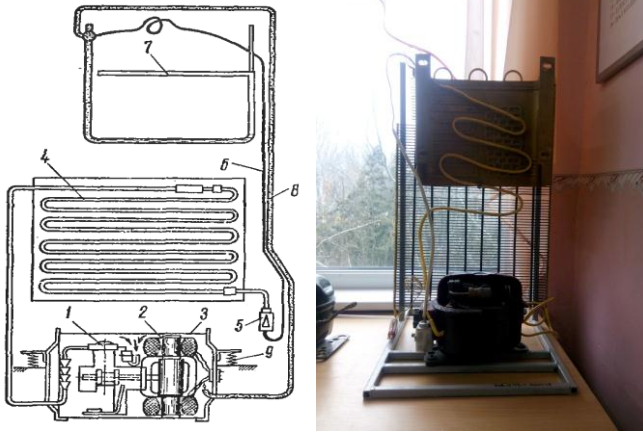


Рис. 3. Принципова схема і фотографія холодильної машини побутового холодильника КХ-240

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.

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

Конденсатор з алюмінію, прокатно-зварювальний, виконаний у формі плоскої плити з поверхнею $0,75\text{ м}^2$. Конденсатор виконується з двох алюмінієвих листів завтовшки 3мм. На площину однієї поверхні спеціальною фарбою наносять рисунок каналів і закривають іншою заготовкою. Складені таким чином алюмінієві листи зварюються під тиском, а незвареними залишаються 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, запов-

нену 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 пари R12 із випарника, стиска їх до тиску нагнітання і подає у конденсатор, де відбувається конденсація парів 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.

Холодильна машина МВТ 14-1-0 призначена для охолодження води, що використовується при охолодженні молока в ємнісних і проточних молокоохолоджувачах на молочно-товарних фермах, пунктах первинної обробки молока.

Структурна схема позначення машини:

МВТ- машина одноступенева з повітряним охолодженням конденсатора;

14-холодильна потужність, кВт;

1 - умовне позначення холодильного агента R12;

0 - для роботи у високотемпературному режимі без регулювання холодопродуктивності.

Таблиця 1 - Основні технічні характеристики машини МВТ 14-1-0

Найменування	Значення
Тип машини	Холодильна, одно-ступенева з повітряним охолодженням конденсатора
Холодопродуктивність при температурі води на виході з випарника $t_{s2}=2^{\circ}C$ і температурі повітря на вході в конденсатор, кВт, ккал/ч. $t_{b1}=20^{\circ}C$ $t_{b1}=25^{\circ}C$ $t_{b1}=32^{\circ}C$	 16.26 (14000) 14.59 (12500) 13.60 (11200)
Витрата води через випарник, м ³ /с, (м ³ /Год)	$0,1665 \cdot 10^{-2}$ (6)
Споживана потужність при $t_{s2}=2^{\circ}C$, мкВт $t_{b1}=20^{\circ}C$ $t_{b2}=25^{\circ}C$ $t_{b3}=32^{\circ}C$	 6,3 6,5 6,8
Холодильний агент	R12
Кількість холодильного агента, заправленого в систему, кг	20 ∓ 1
Застосоване масло	XФ12-16
Кількість масла, заправленого в систему, кг	$7 \mp 0,5$
Маса машини в стані постачання, кг	640
Живлення машини, В, Гц	Чотирьох провідне з глухо заземленою нейтраллю мережі змінного струму напругою 380 В та частотою 50 Гц. Вода по ДЕРЖСТАНДАРТ 2874-73 або прісна, технічно чиста вода з концентрацією водневих іонів рН

Найменування	Значення
Тип машини	Холодильна, одноступенева з повітряним охолодженням конденсатора
	6,5...9...9,5, каламутність не більш 50 мг/л
Діапазон роботи машини по температурі навколишнього повітря, °C	від 5 до 40
По температурі води на виході з випарника, °C	від 1 до 25
Гранична температура конденсації, °C	64

Конструкція і принцип роботи машини

Машини являють собою комплект апаратів і приладів, об'єднаних у замкнену систему, в якій здійснюється процес отримання штучного холоду за схемою машини одноступеневого стиснення.

Принцип роботи машини полягає у наступному. Компресор, що приводиться у дію вмонтованим електродвигуном, відсмоктує пари R12 із випарника, стискає їх до тиску нагнітання і подає у конденсатор, де відбувається конденсація парів R12. Тепло конденсації відводиться повітрям, подаваним у конденсатор двома вентиляторами.

Рідкий R12 надходить у ресивер, із ресивера - у фільтр-осушувач. Далі через вентиль з електромагнітним приводом рідкий R12 надходить у терморегулюючий вентиль, у якому дроселюється до тиску кипіння. Після терморегулюючого вентиля R12 надходить у випарник, де кипить за рахунок теплоти, що віднімається від води (теплоносія). Далі цикл повторюється.

Конструкція основних вузлів

Компресор призначений для відсмоктування парів R12 із випарника, стиснення їх до тиску конденсації і нагнітання у конденсатор. Компресор одноступеневий, чотирьохциліндровий із V-образним розташуванням циліндрів, з умонтованим електродвигуном. Споживана потужність на R12 у стандартному режимі 4,15 кВт.

Конденсатор призначений для конденсації парів холодильного агента за рахунок охолодження їх повітрям, подаваним двома вентиляторами.

Тип конденсатора - ребристий, повітряного охолодження з теплообмінною поверхнею 82 м^2 , витрата повітря $10000 \pm 1000 \text{ м}^3/\text{год}$. Конденсатор складається з батареї і двох дифузорів. Батарея являє собою пучок горизонтально розташованих мідних трубок зі щільно насадженими на них алюмінієвими ребрами. Кінці трубок з'єднані колекторами. У верхній частині парового колектора вкручена пробка, що служить для спуску повітря з конденсатора.

Вентилятор призначений для примусового переміщення повітря через конденсатор з метою відводу теплоти конденсації. Вентилятор осьовий, робоче колесо якого насажене на вал електродвигуна.

Ресивер служить додатковою ємністю до конденсатора, що виключає затоплення конденсатора рідким холодильним агентом. Крім того, ресивер забезпечує рівномірну подачу холодильного агента при різноманітних режимах роботи. Ресивер являє собою сталевий горизонтальний балон, на якому встановлені два запірних вентиля, заправний вентиль і два оглядових пристрої.

Повна заправка машини холодильним агентом відповідає його рівню у межах верхнього оглядового скла. Зниження рівня нижче середини нижнього оглядового скла вказує на необхідність дозаправлення машини холодильним агентом.

Для викиду холодильного агента у випадку аварійного підвищення температури вище 66°C на ресивері встановлена плавка пробка.

Фільтр-осушувач (рис. 4) призначений для затримки сторонніх часток, що потрапили випадково в систему, що можуть призвести до задирів у тертьових деталях і ушкодженню клапанів компресора.

Крім того, фільтр-осушувач поглинає вологу з холодильного агента, що викликає корозію металевих частин і може утворити крижану пробку в терморегулюючому вентилі. Фільтр-осушувач являє собою металевий корпус, у якому знаходиться гільза, наповнена силікагелем, що поглинає вологу, і сітчастий фільтр.

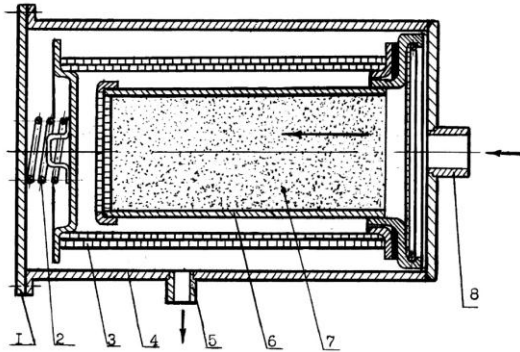


Рис. 4. Схема фільтра-осушувача: 1 - кришка; 2 - пружина; 3 - фільтр; 4- корпус фільтра; 5 - трубка; 6- гільза осушувача; 7- силікагель; 8- трубка.

Випарник (рис. 5) складається з циліндричного корпусу, усередині якого знаходяться теплообмінні трубки з внутрішніми ребрами. Трубки кріпляться до трубних решіток.

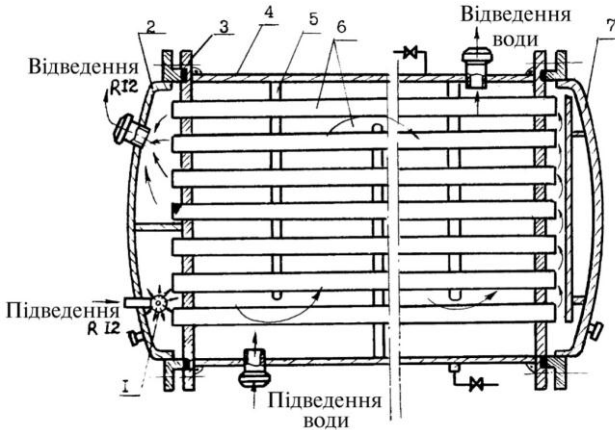


Рис. 5. Схема фреонового випарника типу ИТ із внутрішнім кипінням R12: 1 - форсунка; 2- кришка; 3 - трубні решітки; 4 - обечайка; 5 - перегородки; 6 - мідні трубки; 7 - кришка.

Парорідинна суміш холодильного агента після терморегулюючого вентиля направляється у випарник, де рівномірно розподіляється по трубках, кипить, віднімаючи теплоту від води, що циркулює у міжтрубному просторі між внутрішніми перегородками. Перегородки, змінюючи напрям, покращують теплообмін. Пари холодильного агента відсмоктуються з випарника компресором. У патрубку виходу

води з випарника встановлена гільза датчиків-реле температури. У нижній частині випарника є пробка для зливу води.

Бак служить додатковою ємністю магістралі теплоносія, забезпечує рівномірну подачу води на вході в насос, виключає повітряні пробки в трубопроводах теплоносія.

Вентиль з електромагнітним приводом є запірним вентилям автоматичної дії. Встановлений перед терморегулюючим вентилям. При роботі компресора вентиль закриває рідинну лінію і не дає можливість рідкому холодильному агенту перетікати з ресивера у випарник. Для ручного відкриття вентиля є віджимний гвинт.

Щит мановакуумметрів, на якому встановлені три мановакуумметра для контролю тиску холодильного агента на усмоктуванні, нагнітанні і тиску, що розвивається масляним насосом компресора.

Щит приладів - із установленими датчиками реле температури і двома датчиками реле тиску: перший відключає компресор при аварійному підвищенні або зниженні тиску, другий відключає один вентилятор конденсатора (при зниженні тиску конденсації - зниженні температури навколишнього повітря).

Датчик-реле температури призначений для відключення компресора машини при досягненні заданої температури на виході з випарника і вмиканні його при підвищенні теплового навантаження на розмір установленого диференціала. Прилад має шкалу діапазону контрольованих температур від мінус 20 до плюс 10 °С і шкалу диференціала в межах від 1,8 до 6°С, розташованих на одній панелі. Контакти датчика-реле температури автоматично розмикаються при підвищенні температури на розмір установленого диференціала.

Терморегулюючий вентиль (рис. 6) установлений на рідинній лінії холодильного агента перед випарником і призначений для автоматичного регулювання подачі холодильного агента у випарник у залежності від перегріву пари цього агента на виході з випарника.

При підвищенні температури пари на виході з випарника зростає тиск у термобалоні, укріпленому на трубопроводі. Цей тиск по капілярній трубці подається на мембрану зверху. Знизу на мембрану діє тиск парів холодильного агента, що відбираються на виході з випарника. З підвищенням нагрівання парів збільшується різниця тисків на мембрану, мембрана прогинається вниз і через штовхачі і голкотримач стискає пружину, відчиняючи клапан. Витрата холодильного агента при цьому зростає, а ступінь перегріву зменшується.

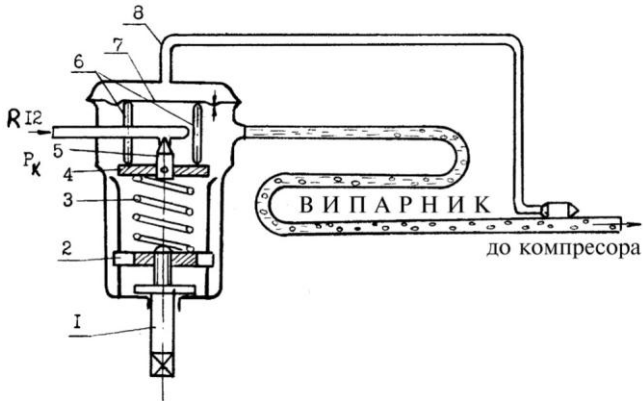


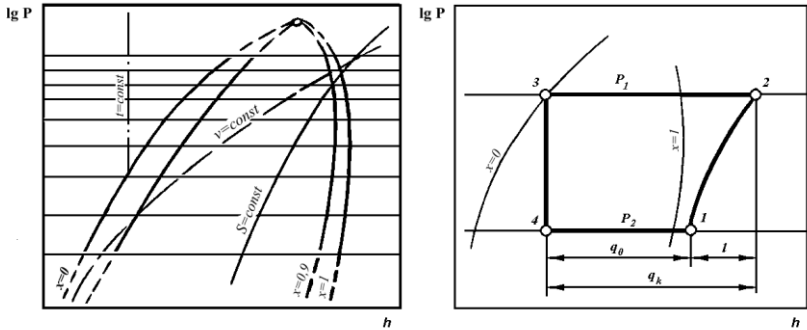
Рис. 6. Схема терморегулюючого вентиля: 1- гвинт; 2- гайка; 3 - пружина; 4 - шайба; 5 - клапан; 6 - штовхач; 7 - мембрана; 8 - капілярна трубка.

Властивості холодильного агента

Холодильний агент - Хладон 12 ($R12$, CF_2Cl_2), безбарвний газ із слабким специфічним запахом, негорючий, вибухонебезпечний, малотоксичний газ, у 4,3 разів важчий за повітря. При кількості його більше 30% у повітрі людина відчуває нестачу кисню (головний біль, слабкість). Щільність рідкого $R12$ при $0^\circ C$ - 1894 кг/м^3 . Температура кипіння при атмосферному тиску $t_k = -29,8^\circ C$, температура замерзання $t_z = -155^\circ C$. 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.

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.

Приклад $h - \lg P$ діаграми холодильного агента наведено на рис.7.



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

Рис.7. Діаграма $h - \lg P$ 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 3).

Лінія 1-2 - адиабатний стиск парів холодильного агента в компресорі;

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

Лінія 3-4 - дроселювання холодильного агента в терморегулюючому вентилі при постійній ентальпії ($h = const$).

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

5 Контрольні питання:

1. Складові елементи побутового холодильника.
2. Вимоги, які пред'являються до побутового холодильника.
3. Принцип роботи компресійної парової холодильної установки.
4. Принцип роботи абсорбційної холодильної установки.
5. Що характеризує холодильний коефіцієнт?
6. Принцип роботи і призначення холодильної машини КХ-240.
7. Будова і призначення основних вузлів холодильної машини.
8. Принцип роботи і призначення холодильної машини МВТ-14.
9. Основні правила техніки безпеки при експлуатації холо-

дильної машини.

10. Поясніть цикл парової компресорної холодильної машини в $h - \lg P$ діаграмі.
11. Поясніть цикл парової компресійної холодильної машини в TS - діаграмі.
12. Як визначити холодильний коефіцієнт машини?
13. Як визначити холодильну потужність машини?

6 Тестові завдання:

1. Кількість теплоти, яка потрібна для перетворення 1 кг рідини в пару, 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 парокompресійній холодильній машині дроселювання холодоагента здійснюється з метою:

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

7 Наочні посібники, що рекомендуються:

1. Макет побутового холодильника КХ-240.
2. Плакат «Схема холодильної машини МВТ 14-1-0».
3. Плакат «Схема фільтра-осушувача».
4. Плакат «Схема фреонового випарника типу ИТ із внутрішнім кипінням R12».
5. Плакат «Схема терморегулюючого вентиля».
6. Плакат «Діаграма холодоагента: а - схематичне зображення; б - зображення циклу холодильної машини».

8 Список рекомендованої 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. Чумак И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумак, В.П. Чепурненко. – М.: Агропромиздат, 1991.-495 с.20
4. Якобсон В.Б. Малые холодильные машины / В.Б. Якобсон. – М.: Пищевая промышленность, 1977.-368 с.
5. Баскаков А.П. Теплотехника / А.П. Баскаков и др.. – М.: Энергоиздат, 1982. – 262 с.
6. Бондарев В.А. Теплотехника / В.А. Бондарев и др.. – Минск: Высшая школа, 1976. – 380 с.
7. Драганов Б.Х. Теплотехніка / Б.Х. Драганов. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. – 400с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Вакуумування парової компресійної холодильної машини.

Мета роботи: Ознайомитись зі схемою устаткування для вакуумування парової компресійної холодильної машини та лабораторною установкою для оцінки їх параметрів. Вивчити будову, принцип роботи установки і правила вакуумування холодильної машини, техніку безпеки при її роботі. Вивчити теоретичні аспекти вакуумування, $p - \tau$ діаграми характеру росту тиску після вакуумування (тобто якості вакуумування) холодильного контура холодильної машини.

Час виконання роботи: 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи (студенти повинні пройти інструктаж техніки безпеки з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці);

- ознайомитись з принципом дії, будовою установки для вакуумування парової компресійної холодильної машини;

- розглянути схему лабораторної установки для вакуумування парової компресійної холодильної машини та відпрацювати методику замірів показників;

- провести вакуумування парової компресійної холодильної машини на заданому режимі: виконати потрібні заміри вакууму;

- записати показання вимірювальних пристроїв, за отриманими результатами вимірів побудувати $p - \tau$ діаграму підвищення тиску після вакуумування від часу, на цьому ж графіку побудувати стандартні $p - \tau$ діаграми підвищення тиску після вакуумування від часу;

- виконати потрібні розрахунки та провести аналіз отриманих результатів;

- зробити висновки про якість вакуумування;

- оформити звіт роботи; звіт повинен містити мету роботи, схему лабораторної установки, основні технічні характеристики, таблицю результатів вимірювання підвищення тиску після вакуумування, $p - \tau$ діаграму за результатами вимірювання підвищення тиску після вакуумування від часу, нанесену на стандартні $p - \tau$ діаграми підвищення тиску після вакуумування від часу. Зробити висновок про якість вакуумування, дати аналіз.

- відповісти на контрольні запитання;

- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи:

Під час підготовки до роботи за вказаною літературою вивчити призначення та область застосування устаткування для вакуумування парових компресійних холодильних машин. Вивчити основні технічні дані. Вивчити будову і принцип роботи портативної вакуумно-заправочної станції. Вивчити правила техніки безпеки при її роботі. Вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки. Запустити вакуумний насос у роботу і зняти показання приладів. За результатами вимірів побудувати $p - \tau$ діаграму характеру росту тиску після вакуумування та порівняти її зі стандартними $p - \tau$ діаграмами, тобто визначити якість вакуумування холодильного контура холодильної машини. Зробити висновок про якість вакуумування холодильної машини. Оформити звіт по роботі.

2.1 Питання для самопідготовки

2.1.1 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити теоретичні аспекти вакуумування парових компресійних холодильних машин. [1] с.199...205, [4] с.70...105.

2.1.2 Розглянути термодинамічні основи вакуумування парових компресійних холодильних машин. [2] с.206...213.

2.1.3 Розглянути стандартні діаграми характеру росту тиску після вакуумування (тобто якості вакуумування) холодильного контура холодильної машини.[3] с.199-213. [1] с.199...205

2.1.4 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити порядок визначення якості вакуумування холодильного контура холодильної машини [4] с.100-102.

3 Загальні відомості

Вакуумування є одним з важливих елементів триади: діагностика, вакуумування та заправка холодильної машини.

Портативна вакуумно-заправочна станція для обслуговування холодильних машин (рис. 1.) забезпечує проведення робіт по вакуумуванню системи, заправці системи холодоагентом і мастилом. Станція має вакуумний насос, манометричний колектор та шланги для заправки.

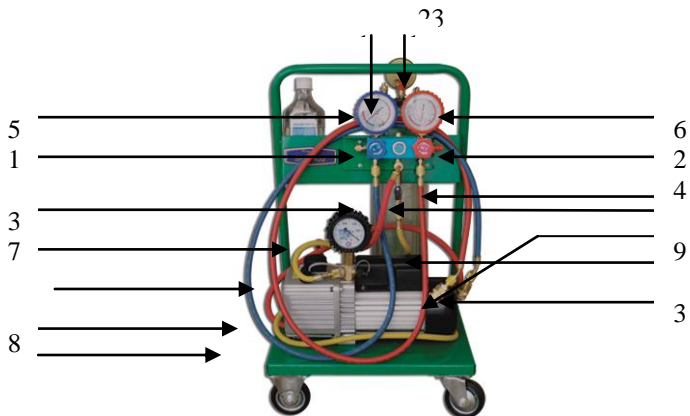


Рис. 1. Загальний вигляд та позначення основних елементів портативної вакуумно-заправочної станції: 1 - вентиль низького тиску; 2 - вентиль високого тиску; 3 - кран холодоагента; 4 - кран вакуумного насоса; 5 - мановакуумметр низького тиску; 6 - манометр високого тиску; 7 - вакуумметр; 8 - шланг низького тиску; 9 - вакуумний насос

Вакуумування холодильного контура виконується з метою видалення з контура повітря та газів після опресування і, саме головне, для зниження вмісту вологи. Наявність вологи в контурі може призвести до забивання льодом регуляторів подачі, чотириходового клапана, з великою вірогідністю до виходу з ладу компресора. Для видалення вологи з контура насосом необхідно, щоб вода з рідкого стану перейшла в газоподібний. Для цього потрібно значно понизити тиск за допомогою вакуумного насоса (рис. 2.).



Рис. 2. Вакуумні насоси

Вакуумувати контур треба при підвищеній температурі. Для цього можна при вакуумуванні нагрівати теплообмінник контура по-

током гарячого повітря. Вакуум, який є достатнім для холодильних машин - 1 мбар. Схема підключення обладнання для вакуумування системи приведена на рис. 3.

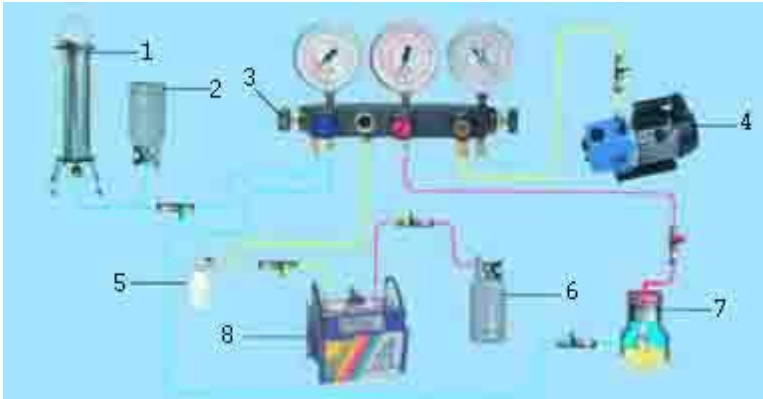


Рис. 3. Схема підключення обладнання для вакуумування системи: 1 – заправочний циліндр; 2 – заправочний балон; 3 – п'ятивентильний колектор; 4 – вакуумний насос; 5 – циліндр для відбору проб холодоагента; 6 – балон для евакуації холодоагента; 7 – холодильний контур; 8 – станція евакуації холодоагента.

Час вакуумування залежить від внутрішнього об'єму холодильного контура, кількості вологи в контурі і зовнішньої температури. Як тільки вакуум досягне 1 мбара, вентиль вакуумного насоса можна закривати, а насос виключити.

У контурах з капілярною трубкою вакуумування виконують з лінії усмоктування через заправочний колектор. У системах з ТРВ вакуумування треба виконувати як з лінії усмоктування, так і з лінії нагнітання. Після завершення вакуумування необхідно перекрити вентилі, через які виконують вакуумування, та спостерігають за характером зміни вакуума в контурі. Можливі варіанти зміни величини вакуума показано на рис. 4.



Рис. 4. Перевірка якості вакуумування холодильного контура: 1 – контур зневоджено, але він має значне витікання; 2 – контур зневоджено, але ступінь герметичності недостатній; 3 – контур погано зневоджений і недостатньо герметичний; 4 – контур герметичний, але недостатньо зневоджений; 5 – контур повністю зневоджений і повністю герметичний.

Якщо на протязі 24 годин вакуум зміниться до 0,5 мбара (лінія 5), можна вважати, що контур повністю зневоджений і повністю герметичний. Крива 4, відповідно - контур герметичний, але недостатньо зневоджено. Крива 3 – контур погано зневоджений і недостатньо герметичний. Крива 2 – контур зневоджено, але ступінь герметичності недостатній. Лінія 1 – контур зневоджено, але він має значне витікання.

Якщо вакуумування виконується після ремонту, тоді треба вакуумувати через фільтр-осушувач. Тому при ремонті і будь-якому розкритті контура необхідно замінювати фільтр-осушувач.

4. Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

Для оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини використовується виготовлений на кафедрі експериментальний стенд лабораторної установки. Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини наведена на рис 5.

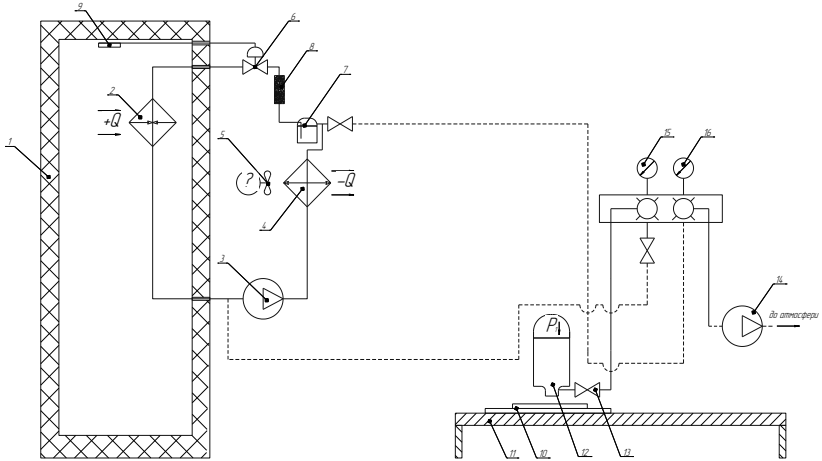


Рис. 5. Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини: 1 – холодильна шафа; 2 – випаровувач; 3 – компресор; 4 – конденсатор; 5 – вентилятор з електроприводом; 6 – ТРВ (терморегулюючий вентиль); 7 – ресивер; 8 – фільтр-осушувач; 9 – датчик температури для ТРВ; 10 – ваги; 11 – стіл; 12 – балон з хладоном; 13 – вакуумний насос; 14 – манометр; 15 – мановакуумметр.

Вакуум вимірюється з використанням вакуумметра, а для визначення часу вакуумування до необхідного тиску використовують електронний годинник.

Для проведення досліджень крім основного обладнання задіяні наступні пристрої:

- насос вакуумний VE115N;
- мановакуумметр для R12 з ціною поділки 5 мм ртутного стовпчика;
- електронний годинник.

Фотографія загального вигляду лабораторної установки представлено на рис. 6.



Рис. 6. Фотографія загального вигляду лабораторної установки для вакуумування парової компресійної холодильної машини

Послідовність вакуумування парової компресійної холодильної машини

1. Холодильний агрегат, зібраний (спаяний) і перевірений на герметичність у ванні, поступає на участок вакуумування, де треба:

2. Пересвідчитись у відсутності тиску в системі.

3. Якщо в системі є холодоагент або остаточний тиск – треба видалити їх з системи.

4. Після видалення залишків холодоагента можна починати вакуумування.

5. Під'єднайте шланги низького та високого тиску до сервісних штуцерів системи.

6. Підключіть вакуумний насос до джерела електроживлення.

7. Включіть вакуумний насос.

8. Відкрийте вентилі високого і низького тиску.

9. Відкрийте вентиль вакуумного насоса.

10. Дайте вакуумному насосу попрацювати деякий час. (Слідкуйте за показниками вакуумметра. Коли вакуум у системі досягне потрібного рівня, продовжуйте вакуумування ще 15-20 хвилин).

11. Після завершення вакуумування закрийте вентиль вакуумного насоса.

12. Вимкніть вакуумний насос.

13. Перевірте герметичність системи по мановакуумметру і

манометру, показання яких повинні бути стабільно нижче 0.

14. Закрийте вентилі низького і високого тиску.

15. Первинне вакуумування виконують до залишкового тиску 10 мм рт.ст., після чого в агрегат уводять 60-80 г хладона для отримання повітряно-фреонової суміші. Вакуумування з проміжним заповненням агрегата невеликою дозою хладона та вторинним вакуумуванням забезпечує низький залишковий тиск повітря в агрегаті.

5 Методика проведення роботи

1. Вивчити будову, принцип роботи установки і правила вакуумування холодильної машини, техніку безпеки при її роботі.

2. Зобразити принципову схему установки для експериментальної оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини.

3. Провести зовнішній огляд лабораторної установки для вакуумування парової компресійної холодильної машини.

4. Пересвідчитись у відсутності тиску в системі.

5. Підключіть вакуумний насос до джерела електроживлення.

6. Включіть вакуумний насос.

7. Дайте вакуумному насосу попрацювати деякий час. (Слідкуйте за показаниками вакуумметра. Коли вакуум у системі досягне потрібного рівня, продовжуйте вакуумування ще 15-20 хвилин).

8. Після завершення вакуумування закрийте вентиль вакуумного насоса.

9. Вимкніть вакуумний насос.

10. Після вимкнення вакуумного насоса відразу, а потім через кожні 15 хвилин вимірюйте вакуум у контурі холодильної машини за допомогою мановакуумметра, час випробування. Тривалість експериментальної оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини приблизно 60 хвилин, що при множенні на умовний масштаб часу $m\tau = 0,4$ дорівнює 24 годинам.

11. Занести результати вимірів у таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати вимірів та обчислень показників перевірки якості вакуумування холодильного контура холодильної машини

№ зп	Величини, які треба вимірювати	Позначення	Чисельне значення
1	Вакуум відразу після зупинки вакуумного насоса, кгс/см ² , МПа	P ₁	
2	Вакуум через 15 хвилин, кгс/см ² , МПа	P ₂	
3	Вакуум через 30 хвилин, кгс/см ² , МПа	P ₃	
4	Вакуум через 45 хвилин, кгс/см ² , МПа	P ₄	
5	Вакуум через 60 хвилин, кгс/см ² , МПа	P ₅	

Провести перерахунок часу, помноживши реальний час вимірювання показників перевірки якості вакуумування холодильного контура холодильної машини на умовний масштаб часу $m\tau = 0,4$.

12. За результатами вимірів побудувати $p - \tau$ діаграму характеру росту тиску після вакуумування без суворого дотримання масштабу, але з зазначенням вакууму через кожні 6 годин та порівняти її зі стандартними $p - \tau$ діаграмами, тобто визначити якість вакуумування холодильного контура холодильної машини.

13. Зробити висновок про якість вакуумування холодильної машини.

Інструкція з охорони праці

1 Загальні вимоги

До лабораторної роботи допускаються студенти, які пройшли інструктаж по техніці безпеки, про що зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

2 При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні роботи;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта.

3 Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не переходити самовільно на інші робочі місця і не пересуватися без потреби по лабораторії;
- при настроюванні парової компресійної холодильної уста-

новки повністю вимкнути її з електромережі;

- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентарю пожежогасіння.

4 Після закінчення експериментальної частини роботи:

- прибрати та здати робоче місце лаборанту або викладачу.

5. У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити за номером 101.

Техніка безпеки при вакуумуванні парової компресійної холодильної установки

1. Кожна парова компресійна холодильна установка повинна бути обладнана запобіжними клапанами та контрольно-вимірною апаратурою.

2. Запобіжні клапани та манометри встановлюються після ресивера.

3. Обов'язковому контролю підлягає температура повітря перед кожним холодильником та за ним, а також кінцева температура фреона на виході з компресора.

4. При значних відхиленнях тиску та температури від значень, що вказані в заводській інструкції, експлуатацію парової компресійної холодильної установки треба припинити, виявити недоліки та усунути їх.

5. Парові компресійні холодильні установки, обладнані електроприводом, повинні мати заземлення і надійну ізоляцію усіх елементів, по яких протікає струм.

6. При будь-якому способі приводу усі деталі, які обертаються (маховики, муфти і тому подібне) повинні мати огорожуючий кожух.

7. Шумові характеристики не повинні перевищувати 90 дБ.

8. Вібрація на частотах від 2 до 63 Гц не повинна перевищувати 92 дБ.

9. Час присутності оператора біля працюючої парової компресійної холодильної установки не більше 20-30 хв. за зміну.

10. Двигун та щит приборів у темну частину доби повинні бути освітлені.

Експлуатація холодильної машини повинна провадитися відповідно до інструкції і «Правил техніки безпеки при роботі холодильних установок».

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.

Конструкція машини забезпечує виконання таких вимог без-

пеки: 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 усмоктування; 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.

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

Забороняється загороджувати проходи біля машини предметами, що утрудняють доступ до машини.

На видних місцях повинні бути вивішені плакати з правилами надання допомоги при: ураженні електричним струмом, обморожуванні, задусі, попаданні холодильного агента в очі.

Випадки екстреної зупинки парової компресійної холодильної установки.

Холодильна установка повинна бути негайно зупинена у випадках, коли:

- з'явилися різкі стуки та удари;
- тиск у будь-якому ступені значно зріс та продовжує рости;
- зупинилась подача охолоджуючого повітря;
- пошкоджено ущільнення та має місце витік холодоагенту;
- спрацював запобіжний електромагнітний клапан;
- розплавилась встановлена на ресивері плавка пробка для викиду холодильного агента у випадку аварійного підвищення

температури вище 66°C;

- не працює будь-який манометр;
- значно підвищились показники електроприводу.

6 Контрольні питання:

1. Основна мета вакуумування холодильних машин?
2. З яких основних елементів складається вакуумно-заправочна станція?
3. Які роботи можна проводити за допомогою вакуумно-заправочної станції?
4. Який прилад дозволяє виявити витікання холодоагента з системи?
5. Для чого необхідно вакуумувати заправочний контур?
6. Для чого потрібен мановакуумметр низького тиску?
7. Чому необхідно вакуумувати систему холодильної машини перед заправкою її холодоагентом?
8. У яких випадках проводять вакуумування холодильного контура?
9. Яка послідовність дій при вакуумуванні?
10. Яка величина залишкового тиску при вакуумуванні?
11. Яка допустима величина залишкового тиску після завершення випробувань?
12. У яких випадках залишковий тиск перевищує необхідну величину?

7 Тестові завдання:

1. Метою вакуумування холодильного контура є:

1. видалення з контура повітря та газів після опресування і для зниження вмісту вологи.;
2. стискання холодильного агенту;
3. регулювання подачі холодильного агенту;
4. регулювання тиску.

2. Вакуумувати холодильний контур треба:

1. при підвищеній температурі;
2. при зниженій температурі;
3. умови вакуумування неважливі;
4. немає правильної відповіді.

3. Яким чином нагрівають теплообмінник корпусу при вакуумуванні?

1. потоком гарячого повітря;

2. при кімнатній температурі;
3. поливаючи корпус гарячою водою;
4. нагрівати непотрібно.

4. *Вентиль вакуумного насоса можна закривати, а насос виключити, коли вакуум досягне тиску:*

1. 1 мбар;
2. 3 мбар;
3. 5 мбар;
4. 7 мбар.

5. *Яка величина залишкового тиску при вакуумуванні?*

1. 10 мм рт.ст.;
2. 15 мм рт.ст.;
3. 20 мм рт.ст.;
4. 30 мм рт.ст.

6. *Портативна вакуумно-заправочна станція для обслуговування холодильних машин містить у своєму складі:*

1. Вакуумний насос, манометричний колектор та шланги для заправки;
2. компресор, випарник, терморегулюючий вентиль.;
3. реле тиску, капілярну трубку;
4. конденсатор, трубопроводи.

8 Список рекомендованої літератури

1. 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.

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

3. Кочегаров Б.Е. – Бытовые машины и приборы. Ч1. – Изд-во ДВГТУ, 2003.

4. Кожемяченко А.В., Петросов С.П. – Техника и технология ремонта бытовых холодильных приборов. – Академия, 2004.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Тема: Заправка холодоагентом парової компресійної холодильної машини.

Мета роботи: Ознайомитись зі схемою устаткування для вакуування і результати розрахунків співставити із результатами вимірів, тобто визначити якість заправки холодильного контура холодильної машини та лабораторної установки для оцінки її параметрів. Вивчити будову, принцип роботи установки і правила заправки холодильної машини, техніку безпеки при її роботі. Вивчити теоретичні аспекти заправки холодоагентом парової компресійної холодильної машини, $p - \tau$ діаграми характеру зміни тиску після заправки (тобто якості заправки) холодильного контура холодильної машини.

Час виконання роботи: 4 год.

1 Порядок виконання роботи

Відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи (студенти повинні пройти інструктаж техніки безпеки з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці);

- ознайомитись з принципом дії, будовою установки для вакуування і заправки парової компресійної холодильної машини;

- розглянути схему лабораторної установки для вакуування і заправки парової компресійної холодильної машини та відпрацювати методику замірів показників;

- провести заправку холодоагентом парової компресійної холодильної машини на заданому режимі: виконати потрібні заміри тиску та електронних вагів і занести в таблицю 1;

- записати показання вимірювальних пристроїв, за отриманими результатами вимірів побудувати $p - \tau$ діаграму зміни тиску після заправки від часу;

- виконати потрібні розрахунки та провести аналіз отриманих результатів;

- зробити висновки про якість заправки;

- оформити звіт роботи; звіт повинен містити мету роботи, схему лабораторної установки, основні технічні характеристики, таблицю результатів вимірювання зміни тиску після заправки, $p - \tau$ діаграму за результатами вимірювання зміни тиску після заправки від часу. Зробити висновок про якість заправки холодоагентом парової компресійної холодильної машини.

- відповісти на контрольні запитання;

- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи:

Під час підготовки до роботи за вказаною літературою вивчити призначення та область застосування устаткування для вакуумування і заправки холодоагентом парової компресійної холодильної машини. Вивчити будову і принцип роботи портативної вакуумно-заправочної станції. Вивчити правила техніки безпеки при її роботі. Вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки. Під'єднати заправочний балон з холодоагентом до заправочного штуцера холодильної машини і зняти показання приладів. За результатами вимірів побудувати $P - \tau$ діаграму характеру зміни тиску після заправки холодоагентом парової компресійної холодильної машини та порівняти її зі стандартними $p - \tau$ діаграмами, тобто визначити якість заправки холодоагентом контура холодильної машини. Зробити висновок про якість заправки холодоагентом контура холодильної машини. Оформити звіт по роботі.

2.1 Питання для самопідготовки

2.1.1 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити теоретичні аспекти виробництва холоду. [1] с.199...205, [5] с.70...105.

2.1.2 Розглянути термодинамічні основи циклів парової компресійної холодильної машини. [2] с.206...213.

2.1.3 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити теоретичні аспекти заправки холодоагентом парових компресійних холодильних машин. [1] с.199...205, [4] с.70...105.

2.1.4 Розглянути термодинамічні основи заправки парових компресійних холодильних машин. [2] с.206...213.

2.1.5 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити порядок визначення якості заправки холодоагентом контура холодильної машини [4] с.100-102.

2.1.6 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити розрахункові залежності і співвідношення основних технічних характеристик заправки холодоагентом контура холодильної машини [4] с.100-102.

3 Загальні відомості

Заправка холодоагентом парової компресійної холодильної машини виконується через заправочні вентилі. Це можуть бути вентилі компресорів зі штуцером, або спеціальні вентилі. Холодоагент заправляється в установку, як правило, в рідкому стані через штуцер. Проте, невеликі установки, в яких мало холодоагента, часто заправляють холодоагентом у газовій фазі через усмоктуючу магістраль. В установках, які працюють з перегрівом, заправочний вентиль найчас-

тіше встановлено на рідинній магістралі між рідинним ресивером і терморегулюючим вентиляем, а саме, перед осушувачем, щоб затримати сліди вологи, які можуть знаходитися у холодоагенті.

Заповнення холодильної установки холодоагентом може бути прямо з балона з холодоагентом, або за допомогою заправочного циліндра, який заповнюють холодоагентом у кількості, точно необхідній для заправки установки, величина заправки вказана на маркувальній табличці установки.

На рис. 1 показано зовнішній вигляд вакуумно-заправочної станції.



Рис. 1. Зовнішній вигляд вакуумно-заправочної станції.

При заправці спочатку гнучкий шланг від вентиля балона або циліндра під'єднують до заправочного вентиля. Потім з гнучкого шланга видаляють повітря. Для цього досить на мить відкрити вентиль балона. Якщо заправка холодоагентом відбувається газовою фазою з балону з холодоагентом (для невеликих установок), балон треба перевернути догори дном. Великі установки заправляють холодоагентом у рідкому стані і балон стоїть дном донизу. Треба постійно контролювати масу холодоагента, щоб точно витримати масу холодоагента, яку вказано на маркувальній табличці холодильної установки. Для цього використовують спеціальні ваги (типа електронних).

Порядок заправки холодильної машини (після вакуування) холодильним агентом у рідкому або газоподібному стані з балона

1. Перед заправкою холодоагента необхідно поставити балон на ваги контролю маси заправки холодильного агента.
2. Перед заправкою вентиля А,В,С,Д – закриті (рис.2);
3. Заправочні шланги: 1,2,4 підключити, як показано на рис.2.
4. Для заправки з балона на різьбовий штуцер нагвинчують заправний шланг від балона – 2 (рис. 2), інший кінець шланга приєднують до заправного колектора, але гайку до кінця не завинчують і ставлять балон з холодоагентом на ваги.
5. Перед заправкою необхідно продути шланг від повітря, для цього відкривають на балоні вентиль, і повітря видавлюється холодильним агентом зі шланга, після цього гайку загвинчують.
6. Заправний шланг 3 підключити, як показано на рис.2, відповідно до заправних вентилів Н, або R на холодильній машині.
7. Відкрити вентиль балона, а потім – вентиль балона В на заправному колекторі.
8. Відкрити вентиль D на заправному колекторі, який використовують для заправки в рідкій фазі.
9. Відкрити вентиль С на заправному колекторі, який використовують для заправки в газоподібній фазі.
10. Запустити компресор холодильної машини.
11. Відкрити (в середньому положенні) заправні вентиля Н, L, або R на холодильній установці, і по шлангу холодильний агент перетікає із балона в холодильну машину через заправний колектор.
12. Закінчити заправку.
13. Закрити вентиля В,С,Д.
14. Перевірити тиск у системі.
15. Заправні вентиля Н і R на холодильній машині у відкритому положенні (сервісні порти при цьому відімкнені).
16. Заправні вентиля С і D на заправному колекторі у відкритому положенні.
17. Вирівняти тиск.
18. Заправний вентиль L на холодильній машині у відкритому положенні (сервісні порти при цьому відімкнені).
19. Заправні вентиля С і D на заправному колекторі закрити.
20. Для контролю маси холодильного агента, який заправили, використовують спеціальні ваги (типа електронних).

Схему заправки показано на рис. 2.

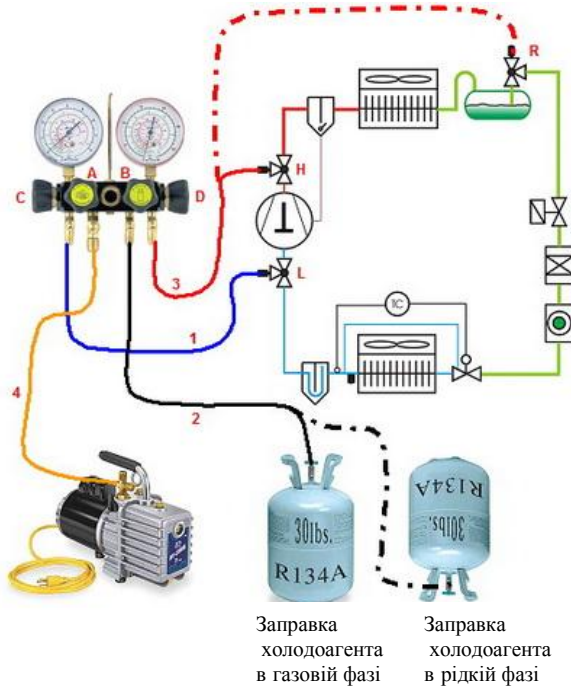


Рис. 2. Схема заправки парової компресійної холодильної машини: 1 - заправочний шланг для заправки в рідкій фазі; 2 - заправочний шланг від балона; 3 - заправний шланг для заправки в газоподібній фазі; 4 - шланг для вакуумування; А – вентиль для вакуумування на заправному колекторі; В – вентиль балона на заправному колекторі; С - вентиль на заправному колекторі, який використовують для заправки в газоподібній фазі; D - вентиль на заправочному колекторі, який використовують для заправки в рідкій фазі; Н - заправний вентиль на холодильній машині після компресора, який використовують для заправки в рідкій фазі; L – заправний вентиль на холодильній машині перед компресором, використовують для заправки в газоподібній фазі; R – заправний вентиль на холодильній машині на ресивері, який використовують для заправки в рідкій фазі.

Контроль якості заправки холодоагента

Як тільки необхідну кількість хладону заправлено, вмикають компресор і чекають виходу установки на сталий режим роботи. Після цього уважно спостерігають за показниками манометрів усмоктування

і нагнітання, покажчиком рівня масла компресора і оглядовим склом, яке встановлено на рідинній магістралі.

Якщо установка заправлена нормально, в оглядовому склі можна спостерігати потік рідкого холодоагенту без будь-яких порушень його суцільності, і тільки коли відкривається терморегулюючий вентиль, можна помітити проходження невеликих бульбашок, які дуже швидко зникають. І, навпаки, при недостатній кількості холодоагенту в оглядовому склі буде спостерігатися безперервне проходження бульбашок. У цьому випадку потрібно дозаправити установку, спочатку перекрити запірний вентиль, встановлений на конденсаторі або рідинному ресивері, а потім відкрити вентиль обслуговування балона з хладоном або заправного циліндра. Компресор при цьому продовжує усмоктувати хладон з випарника і направляти його в рідинний ресивер.

Протягом цієї операції не можна випускати з уваги ні нагнітальний манометр, ні покажчик рівня на рідинному ресивері. Для нормальної роботи установки потрібно, щоб її рідинний ресивер був заповнений у загальному випадку на одну третину рідким холодоагентом, причому заповнення випарника в цей момент повинно відповідати оптимальному, тобто, для передбаченої температури випаровування температура усмоктувального трубопроводу на виході з випарника не повинна перевищувати значення, яке відповідає тиску випаровування, яке показує манометр низького тиску, з урахуванням величини перегріву (як правило, від 5 до 7 К).

Всупереч поширеній думці, покриття інсем усмоктувального трубопроводу не є показником (особливо для низькотемпературних установок), за яким можна безпомилково судити про достатність заправки установки. При уведенні в експлуатацію нової установки, до тих пір, поки вона не вийде на сталий температурний режим, не слід змінювати налаштування терморегулюючого вентиля, оскільки його налаштування на заданий перегрів виконано на заводі-виробнику в залежності від передбачуваної рівноважної температури випарника. Разом з тим, якщо після виходу системи на сталий режим роботи перегрів на усмоктуючій магістралі виявиться занадто високим або дуже низьким, (про що можна судити на підставі простого порівняння температури усмоктування з температурою, яка відповідає показникам манометра низького тиску), слід змінити налаштування терморегулюючого вентиля у потрібному напрямку.

Інструкція з охорони праці

1 Загальні вимоги

До лабораторної роботи допускаються студенти, які пройшли

інструктаж з техніки безпеки, про що зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

2 При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні роботи;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта.

3 Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не переходити самовільно на інші робочі місця і не пересуватися без потреби по лабораторії;
- при налаштуванні парової компресійної холодильної установки повністю вимкнути її з електромережі;
- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентарю пожежогасіння;

4 Після закінчення експериментальної частини роботи:

- прибрати та здати робоче місце лаборанту або викладачу.

5 У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити за номером 101.

Техніка безпеки при заправці холодоагентом парової компресійної холодильної установки

1. Кожна парова компресійна холодильна установка повинна бути обладнана запобіжними клапанами та контрольно-вимірною апаратурою.

2. Запобіжні клапани та манометри встановлюються після ресивера.

3. Обов'язковому контролю підлягає температура повітря перед кожним холодильником та за ним, а також кінцева температура фреона на виході з компресора.

4. При значних відхиленнях тиску та температури від значень, що вказано в заводській інструкції, експлуатацію парової компресійної холодильної установки треба припинити, виявити недоліки та усунути їх.

5. Парові компресійні холодильні установки, обладнані електроприводом, повинні мати заземлення і надійну ізоляцію усіх елементів, по яких протікає струм.

6. При будь-якому способі приводу усі деталі, які обертаються (маховики, муфти і тому подібне) повинні мати огорожуючий кожух.

7. Шумові характеристики не повинні перевищувати 90 дБ.

8. Вібрація на частотах від 2 до 63 Гц не повинна перевищувати 92 дБ.

9. Час присутності оператора біля працюючої парової компресійної холодильної установки не більше 20-30 хв. за зміну.

10. Двигун та щит приборів у темну частину доби повинні бути освітлені.

Експлуатація холодильної машини повинна провадитися відповідно до інструкції і «Правил техніки безпеки при роботі холодильних установок».

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.

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 усмоктування; 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.

Фреоном дихати неможна, тому, що цей газ розчиняє тканини легенів. При витіканні холодоагента необхідно добре провітрити приміщення. При контакті газоподібного холодоагента з вогнем утворюються токсичні речовини.

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

При попаданні холодильного агента на шкіру й обмороженні 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.

Забороняється загороджувати проходи біля машини предметами, що утрудняють доступ до машини.

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

На видних місцях повинні бути вивішені плакати з правилами надання допомоги при: ураженні електричним струмом, обмороженні, задусі; попаданні холодильного агента в очі.

Випадки екстреної зупинки парової компресійної холодильної установки

Холодильна установка повинна бути негайно зупинена у випадках, коли:

- з'явилися різкі стуки та удари;
- тиск у будь-якому ступені значно зріс та продовжує рости;
- зупинилась подача охолоджуючого повітря;
- пошкоджено ущільнення та має місце витік холодоагенту;
- спрацював запобіжний електромагнітний клапан;
- розплавилась встановлена на ресивері плавка пробка для викиду холодильного агента у випадку аварійного підвищення температури вище 66°C;
- не працює будь-який манометр;
- значно підвищилися показники електроприводу.

4 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

Для оцінки параметрів заправки холодоагентом парової компресійної холодильної установки використовується виготовлений на кафедрі експериментальний стенд. Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів заправки парової компресійної холодильної машини наведена на рис. 3.

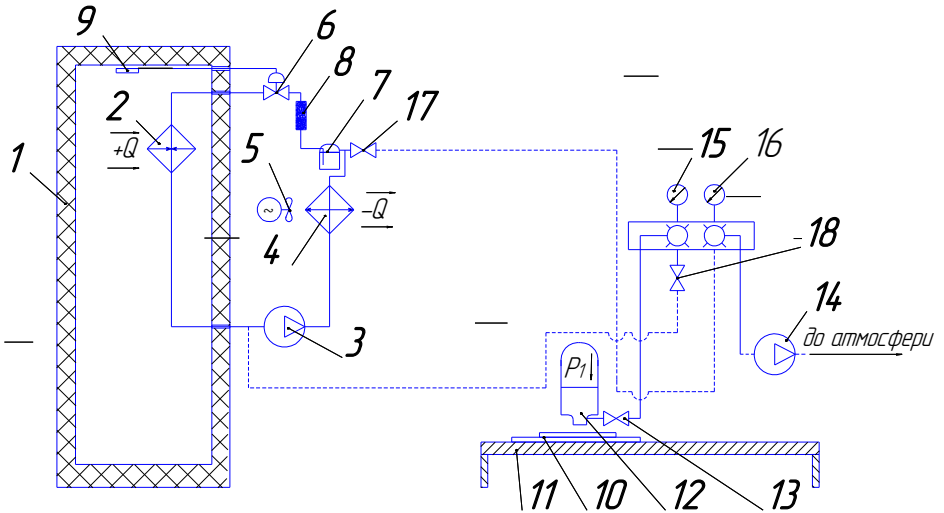


Рис. 3. Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини: 1 – холодильна шафа; 2 – випаровувач; 3 – компресор; 4 – конденсатор; 5 – вентилятор з електроприводом; 6 – ТРВ (терморегулюючий вентиль); 7 – ресивер; 8 – фільтр-осушувач; 9 – датчик температури для ТРВ; 10 – ваги; 11 – стіл; 12 – заправний балон з хладоном; 13 – вентиль балона для заправки в газоподібній фазі; 14 – вакуумний насос; 15 – манометр; 16 – мановакуумметр; 17 – вентиль для вакуумування; 18 – вентиль на заправочному колекторі, який використовують для заправки в газоподібній фазі.

Фотографія загального вигляду лабораторної установки представлена на рис. 4.

Для вимірювання маси хладону використовуються електронні ваги, а для визначення тиску до необхідного значення використовують манометри.

Об'єм заправочного балона 5 літрів ($5 \cdot 10^3 \text{ м}^3$).

Для проведення досліджень крім основного обладнання задіяні наступні пристрої, посуд і матеріали:

- ваги лабораторні за ГОСТ 24104-80 з ціною далення 0,5 мг;
- манометр МП для CO_2 з ціною поділки 0,5 МПа;
- манометр для CO_2 з ціною поділки 0,025 МПа.



Рис. 4. Фотографія загального вигляду лабораторної установки для експериментальної оцінки параметрів парової компресійної холодильної машини.

5 Методика проведення роботи

1. Вивчити будову, принцип роботи вакуумно-заправної станції парової компресійної холодильної машини та лабораторної установки для оцінки їх параметрів, техніку безпеки при їх роботі.
2. Зобразити пинципову схему установки для експериментальної оцінки параметрів вакуумування парової компресійної холодильної машини.
3. Провести зовнішній огляд лабораторної установки для вакуумування и заправки парової компресійної холодильної машини.
4. Пересвідчитись у відсутності тиску в паровій компресійній холодильній машині.
5. Підключіть балон з холодоагентом (імітуємо CO_2) до вентиля назаправному колекторі, який використовують для заправки в газоподібній фазі.
6. Включіть вакуумний насос.
7. Дайте вакуумному насосу попрацювати деякий час. (Слідкуйте за показниками вакуумметра. Коли вакуум у системі досягне потрібного рівня, продовжуйте вакуумування ще 15-20 хвилин).
8. Після завершення вакуумування закрийте вентиль вакуумного насоса.
9. Вимкніть вакуумний насос.

10. Після вимкнення вакуумного насосу перед заправкою холодоагента необхідно поставити балон на ваги контролю маси заправки холодильного агента.

11. Перед заправкою вентиля 13, 17, 18 – закриті (рис.3).

12. Заправочні шланги підключити, як показано на рис.3.

13. Для заправки з балона на різьбовий штуцер нагвинчують заправний шланг від балона (рис. 3), інший кінець шланга приєднують до заправочного колектора, але гайку до кінця не загвинчують і ставлять балон з холодоагентом на ваги.

14. Перед заправкою необхідно продути шланг від повітря, для цього відкривають на балоні вентиль, і повітря видавлюється холодильним агентом зі шланга, після цього гайку загвинчують.

15. Заправочний шланг підключити, як показано на рис.3, до заправочного вентиля перед компресором на холодильній машині.

16. Виміряти тиск в балоні до заправки за допомогою манометра МП для CO_2 з ціною поділки 0,5 МПа.

17. Виміряти масу балона до заправки (ваги лабораторні за ГОСТ 24104-80 з ціною поділки 0,5 мг).

18. Відкрити вентиль балона, а потім – вентиль на заправному колекторі, який використовують для заправки в газоподібній фазі.

19. Запустити компресор холодильної машини.

20. Відкрити (в середньому положенні) заправні вентиля на холодильній установці, і по шлангу холодильний агент перетікає із балона в холодильну машину через заправний колектор.

21. Закінчити заправку.

22. Закрити вентиля 13, 18.

23. Перевірити тиск у системі.

24. Виміряти тиск у балоні після заправки за допомогою манометра для CO_2 з ціною поділки 0,025 МПа.

25. Виміряти масу балона до заправки. Для контролю маси холодильного агента, який заправили, використовують спеціальні ваги (типа електронних).

26. Занести результати вимірів у таблицю 1.

За результатами розрахунків знайти масу заправленого холодоагента та порівняти її із результатами вимірів, тобто визначити якість заправки холодильного контура холодильної машини.

27. Зробити висновок про якість заправки холодильної машини.

Таблиця 1 - Результати вимірювань показників заправки холодильного контура холодильної машини

№	Величини, які треба вимірювати	Позначення	Чисельне значення
1	Тиск у балоні до заправки, кгс/см ² , МПа	P_{M1}	
2	Маса балона до заправки, кг	M_1	
3	Температура в балоні до заправки, °С	t_1	
4	Тиск у балоні після заправки, кгс/см ² , МПа	P_{M2}	
5	Маса балона після заправки, кг	M_2	
6	Температура в балоні після заправки, °С	t_2	

6 Обробка результатів експерименту

1. Визначимо абсолютний тиск CO₂ в балоні перед початком заправки

$$P_1 = P_0 + P_{M1}, \quad (1)$$

де P_1 - абсолютний тиск CO₂ в балоні перед початком заправки, МПа;

P_0 – атмосферний тиск, 0,1 МПа;

P_{M1} – показання манометра перед початком заправки, МПа.

2. Визначимо масу CO₂ в балоні перед початком заправки холодильного контура холодильної машини

$$M_1 = \frac{P_1 \cdot V}{R \cdot T_1} \quad (2)$$

де V - ємність балона, ($V=5$ л, або $5 \cdot 10^{-3}$ м³);

R - газова стала вуглекислого газу, (189 Дж/кгК);

3. Визначимо абсолютний тиск CO₂ в балоні після заправки

$$P_2 = P_0 + P_{M2}, \quad (3)$$

де P_2 - абсолютний тиск CO₂ в балоні після заправки, МПа;

P_0 – атмосферний тиск, 0,1 МПа;

P_{M2} – показання манометра після заправки, МПа.

4. Маса CO_2 в балоні після заправки холодильного контура холодильної машини

$$M_2 = \frac{P_2 \cdot V}{R \cdot T_2} \quad (4)$$

5. Зміна маси холодоагента в балоні.

$$\Delta M = M_2 - M_1 \quad (5)$$

Отримані значення за результатами розрахунків співставити із результатами вимірів, тобто визначити якість заправки холодильного контура холодильної машини.

7. Контрольні питання

1. Основна мета заправки холодильного контура холодильної машини?
2. З яких основних елементів складається вакуумно-заправна станція?
3. Які роботи можна проводити за допомогою вакуумно-заправної станції?
4. Який прилад дозволяє виявити витікання холодоагента з системи?
5. Для чого необхідно вакуумувати заправний контур?
6. Для чого потрібен манометр низького тиску?
7. Чому необхідно вакуумувати систему холодильної машини перед заправкою її холодоагентом?
8. У яких випадках проводять заправку холодильного контура холодильної машини перед компресором?
9. У яких випадках проводять заправку холодильного контура холодильної машини в ресивер?
10. Яка послідовність дій при заправці холодильного контура холодильної машини?
11. Для чого перед заправкою необхідно продути заправний шланг від повітря?
12. Як виконують продувку заправного шланга від повітря перед заправкою холодильного контура холодильної машини?
13. Як вимірюють масу балона до заправки?

8 Тестові завдання:

1. Холодильні машини працюють за термодинамічним:

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

2. Кипить при мінусовій температурі:

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

3. При недостатній кількості холодоагенту в оглядовому склі буде спостерігатися:

1. безперервне проходження бульбашок.
2. швидке зникнення бульбашок.
3. рівномірний потік холодоагенту.
4. немає вірної відповіді.

4. Який прилад призначений для відображення рівня холодоагенту?

1. рідинний ресивер
2. манометр.
3. реле.
4. капілярна трубка.

5. Який прилад призначений для відображення рівня холодоагенту?

1. рідинний ресивер
2. манометр.
3. реле.
4. капілярна трубка.

6. Для чого проводиться вакуумування холодильного контуру?

1. видалення з контура повітря та газів після опресування і для зниження вмісту вологи.;
2. стискання холодильного агента;
3. регулювання подачі холодильного агента;
4. регулювання тиску.

9 Список рекомендованої літератури

1. 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.
2. Курылев Е.С. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам / Е.С. Курылев, Н.А. Герасимов. – Л.: Машиностроение, 1971.-256 с.
3. Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві.,– К.: Аграрна освіта, 2008.- 233с
4. Кочегаров Б.Е. – Бытовые машины и приборы. Ч1. – Изд-во ДВГТУ, 2003.
5. Кожемяченко А.В., Петросов С.П. – Техника и технология ремонта бытовых холодильных приборов. – Академия, 2004.
6. Полевой А. А. Монтаж холодильных установок: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2005. – 259 с.: ил.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Тема: Перевірка холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача.

Мета роботи: Ознайомитись зі схемою устаткування для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного галогенного течешукача WJL 6000 та лабораторною установкою для оцінки його параметрів. Вивчити будову, принцип роботи установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача, техніку безпеки при її роботі. Вивчити теоретичні аспекти перевірки холодильного контуру холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача (тобто, якості вакуумування, заправки і герметичності холодильного контура холодильної машини).

Час виконання роботи: 4 год.

1 Порядок виконання роботи:

- відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи (студенти повинні пройти інструктаж техніки безпеки з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці);

- ознайомитись з принципом дії, будовою установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача;

- розглянути схему лабораторної установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача WJL 6000 та відпрацювати методику замірів показників;

- провести перевірку холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача WJL 6000 на заданому режимі: виконати потрібні заміри;

- записати показання вимірювальних пристроїв; виконати аналіз отриманих результатів; зробити висновки про якість герметичності холодильного контура холодильної машини;

- оформити звіт з роботи; звіт повинен містити мету роботи, схему лабораторної установки, основні технічні характеристики, ре-

зультати вимірювання. Зробити висновок про якість герметичності холодильного контура холодильної машини, дати аналіз.

- відповісти на контрольні запитання;
- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи:

Під час підготовки до роботи за вказаною літературою вивчити призначення та область застосування устаткування для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача. Вивчити основні технічні дані.

Вивчити будову і принцип роботи портативної установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного галогенного течешукача WJL 6000. Вивчити правила техніки безпеки при її роботі.

Запустити холодильний агент в установку і перевірити холодильний контур холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача, зняти показання приладів. За результатами вимірів визначити якість вакуумування, заправки і герметичності холодильного контура холодильної машини. Зробити висновок про якість герметичності холодильної машини. Оформити звіт по роботі.

2.1. Питання для самопідготовки:

2.1.1 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити теоретичні аспекти перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача. [1] с.199...205, [4] с.70...105.

2.1.2 Розглянути термодинамічні основи перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача. [2] с.206...213.

2.1.3 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити порядок визначення якості герметичності холодильного контура холодильної машини [4] с.100-102.

3 Загальні відомості

Перевірка холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача є одним з важливих елементів триади: діагностика, вакуумування та заправка холодильної машини.

Портативна установка для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допо-

могою електронного галогенного течешукача WJL 6000 (рис. 1.) забезпечує проведення робіт по перевірці системи на герметичність після заправки системи холодоагентом.

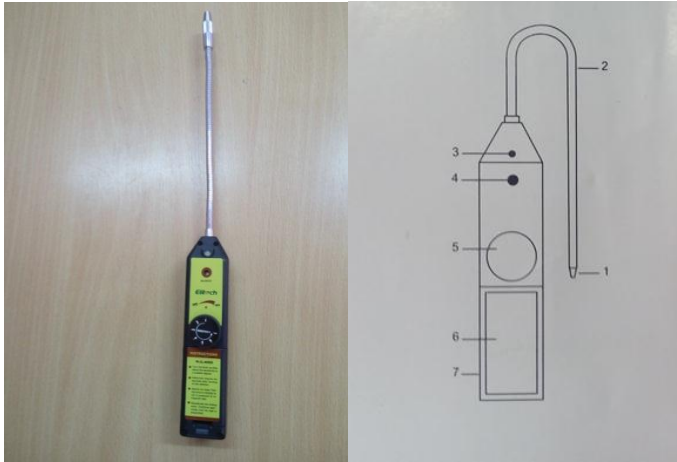


Рис. 1. Загальний вигляд та позначення основних елементів електронного галогенного течешукача WJL 6000: 1 – сенсорний елемент; 2 – гнучкий шланг; 3 – індикаторна лампочка; 4 – звуковий сигналізатор; 5 – вимикач та регулятор чутливості, 6 – відсік для батарейок; 7 – корпус.

Перевірка холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача виконується з метою знаходження місць витікання холодоагента з контура холодильної машини після заправки і, саме головне, для наступної герметизації знайдених щілин. Наявність витікання холодоагента з контура може привести до зниження холодопродуктивності і, з великою вірогідністю, до виходу з ладу компресора.

Перевірку виконують у спеціальній кабіні, яка має притоково-витяжну вентиляцію. Холодильний агрегат бажано попередньо підігріти, що покращує умови виявлення витікання холодоагента.

При цьому обов'язковими пунктами є:

- перевірка обладнання зовнішнім оглядом;
- перевірка надійності закріплення і відсутності механічних ушкоджень;
- перевірка надійності ущільнень;
- працездатність обладнання і його складових частин;

- перевірка на герметичність холодильного контура холодильної машини;
- відмітка в залікових документах про проведення перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента.

Послідовність перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача WJL 6000

Холодильний агрегат, зібраний (спаяний) і перевірений на герметичність у ванні, після вакуумування і заправки треба перевірити на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача WJL 6000, для чого:

1. Після завершення вакуумування і заправки холодильної машини провести зовнішній огляд установки.
2. Пересвідчитись у відсутності помітних типових прикмет витікання холодоагента з системи (масляні плями, тощо).
3. Включити електронний галогенний течешукач WJL 6000 за допомогою вимикача 5 (рис.1).
4. При наявності посиленого сигналу типу "сирена" звукового сигналізатора 4 електронного галогенного течешукача WJL 6000 (рис. 1) знайти місце витікання.
5. Позначити місце витікання холодоагента з холодильного контура холодильної машини на схемі холодильної машини.
6. Зробити відмітку в облікових документах про проведення перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента.
7. Зробити висновок про якість герметичності холодильної машини.

4 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

Для перевірки на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача WJL 6000 використовується виготовлений на кафедрі експериментальний стенд лабораторної установки. Принципова схема установки для експериментальної перевірки на відсутність витікання холодоагента з парової компресійної холодильної машини за допомогою електронного течешукача WJL 6000 наведена на рис 2.

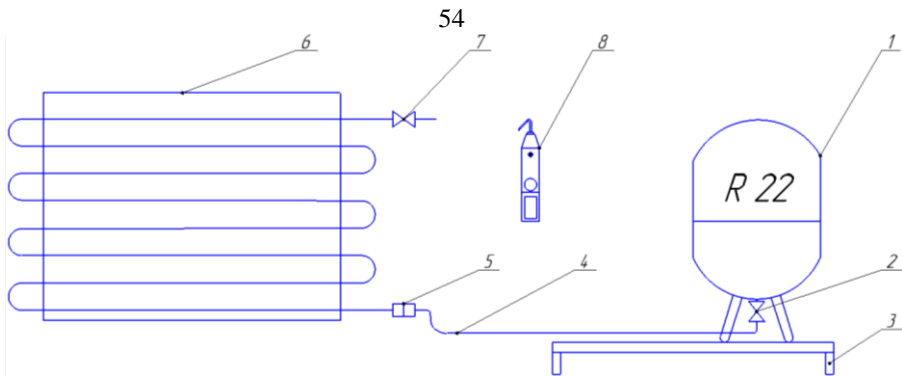


Рис. 2. Принципова схема установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного галогенного течешукача WJL 6000: 1 – заправний балон з хладоном R 22; 2 – вентиль балона для заправки в газоподібній фазі; 3 – заправний стіл; 4 -заправний шланг від балона; 5 – різьбовий штуцер; 6 – конденсатор холодильної машини; 7 – вентиль; 8 – електронний галогенний течешукач WJL 6000.

Витікання холодоагенту визначається з використанням електронного галогенного течешукача WJL 6000. При виявленні витікання холодоагенту звуковий сигнал нагадує сирену. Чим більше витікання, тим сильніше сирена. Одночасно починає швидко мигати індикаторна лампочка.

Для проведення досліджень крім основного обладнання задіяні наступні пристрої:

- балон з хладоном R 22;
- штуцер під'єднувальний;
- вентиль балона для заправки в газоподібній фазі;
- конденсатор холодильного контура холодильної машини.

Фотографію загального вигляду установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного галогенного течешукача WJL 6000 представлено на рис. 3.



Рис. 3. Фотографія загального вигляду лабораторної установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного галогенового течешукача WJL 6000.

Інструкція з охорони праці

1 Загальні вимоги

До лабораторної роботи допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

2 При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні роботи;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта.

3 Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не переходити самовільно на інші робочі місця і не пересуватися без потреби по лабораторії;
- при настроюванні парової компресійної холодильної установки повністю вимкнути її з електромережі;
- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентарю пожежогасіння;

4 Після закінчення експериментальної частини роботи:

- прибрати та здати робоче місце лаборанту або викладачу.

5 У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити по номеру 101.

Техніка безпеки при вакуумуванні парової компресійної холодильної установки

1. Кожна парова компресійна холодильна установка повинна бути обладнана запобіжними клапанами та контрольно-вимірювальною апаратурою.

2. Запобіжні клапани та манометри встановлюються після ресивера.

3. Обов'язковому контролю підлягає температура повітря перед кожним холодильником та за ним, а також кінцева температура фреона на виході з компресора.

4. При значних відхиленнях тиску та температури від значень, що вказано в заводській інструкції, експлуатацію парової компресійної холодильної установки треба припинити, виявити недоліки та усунути їх.

5. Парові компресійні холодильні установки, обладнані електроприводом, повинні мати заземлення і надійну ізоляцію усіх елементів, по яких протікає струм.

6. При будь-якому способі привода усі деталі, які обертаються (маховики, муфти і тому подібне) повинні мати огорожуючий кожух.

7. Шумові характеристики не повинні перевищувати 90 дБ.

8. Вібрація на частотах від 2 до 63 Гц не повинна перевищувати 92 дБ.

9. Час присутності оператора біля працюючої парової компресійної холодильної установки не більше 20-30 хв. за зміну.

10. Двигун та щит приборів в темну частину доби повинні бути освітлені.

Експлуатація холодильної машини повинна провадитися відповідно до інструкції і «Правил техніки безпеки при роботі холодильних установок».

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.

Конструкція машини забезпечує виконання таких вимог безпеки: корпус машини і щит керування мають заземлюючі пристрої (болти) для підключення до загального контура, 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 усмоктування; захист від підви-

щення 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.

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

Забороняється загороджувати проходи біля машини предметами, що утрудняють доступ до машини.

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

На видних місцях повинні бути вивішені плакати з правилами надання допомоги при: ураженні електричним струмом, обморожуванні, задусі; попаданні холодильного агента в очі.

Випадки екстреної зупинки парової компресійної холодильної установки.

Холодильна установка повинна бути негайно зупинена у випадках, коли:

- з'явилися різкі стуки та удари;
- тиск у будь-якому ступені значно зріс та продовжує рости;
- зупинилась подача охолоджуючого повітря;
- пошкоджено ущільнення та має місце витік холодоагенту;
- спрацював запобіжний електромагнітний клапан;

- розплавилась встановлена на ресивері плавка пробка для викиду холодильного агента у випадку аварійного підвищення температури вище 66°C;
- не працює будь-який манометр;
- значно підвищились показники електроприводу.

5 Методика проведення роботи

1. Вивчити будову, принцип роботи установки і правила перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача, техніку безпеки при її роботі.

2. Зобразити принципову схему установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача.

3. Провести зовнішній огляд лабораторної установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного галогенного течешукача WJL 6000.

4. Пересвідчитись у відсутності тиску в системі.

5. Для заправки з балона, на різьбовий штуцер нагвинчують заправний шланг від балона (рис. 2), інший кінець шланга приєднують до заправочного колектора, але гайку до кінця не загвинчують.

6. Перед заправкою необхідно продути шланг від повітря, для цього відкривають на балоні вентиль, і повітря видавлюється холодильним агентом зі шланга, після цього гайку загвинчують.

7. Заправочний шланг підключити, як показано на рис.3, до заправного вентилябалона.

8. Відкрити заправний вентиль на установці, і по шлангу холодильний агент перетікає із балона в холодильну машину.

9. Закінчити заправку.

10. Закрити вентилі 2 і 7.

11. Включити електронний галогенний течешукач WJL 6000 за допомогою вимикача 5 (рис.1).

12. При наявності посиленого сигналу типу "сирена" звукового сигналізатора 4 електронного галогенного течешукача WJL 6000 (рис. 1) знайти місце витікання.

13. Позначити місце витікання холодоагента з холодильного контура холодильної машини на схемі холодильної машини.

14. Зробити висновок про якість герметичності холодильної

машини.

6 Контрольні питання

1. Основна мета перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача?

2. З яких основних елементів складається портативна установка для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача?

3. Які роботи можна проводити за допомогою портативної установки для перевірки холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача?

4. Який прилад дозволяє виявити витікання холодоагента з системи?

5. Для чого необхідно перевіряти холодильний контур холодильної машини на відсутність витікання холодоагента?

6. Для чого потрібен мановакуумметр низького тиску?

7. Чому необхідно перевіряти систему холодильної машини на відсутність витікання холодоагента перед початком її експлуатації?

8. У яких випадках проводять перевірку на герметичність холодильного контура?

9. Яка послідовність дій при перевірці на герметичність холодильного контура?

7 Тестові завдання:

1. Який прилад призначений для знайдення місць витікання холодоагента з контура холодильної машини?

1. електронний течешукач;

2. манометр;

3. ресивер;

4. реле.

2. Який сигнал подає електронний течешукач у разі виявлення місць витікання холодоагента?

1. звуковий;

2. світловий;

3. звуковий і світловий;

4. вібраційний.

3. До чого може призвести наявність витікання холодоагенту з холодильного контуру?

1. до зниження холодопродуктивності;
2. до виходу з ладу компресора;
3. до отруєння людей і руйнування озонового шару;
4. всі відповіді вірні.

4. Холодильні машини працюють за термодинамічним:

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

5. Для чого проводиться вакуумування холодильного контуру?

1. видалення з контура повітря та газів після опресування і для зниження вмісту вологи;
2. стискання холодильного агенту;
3. регулювання подачі холодильного агенту;
4. регулювання тиску.

6. Холодильна установка повинна бути негайно зупинена у випадках, коли:

1. з'явилися різкі стуки та удари;
2. тиск у будь-якому ступені значно зріс та продовжує рости;
3. пошкоджено ущільнення та має місце витік холодоагенту;
4. у всіх перелічених випадках.

8 Література:

1. 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.

2. Дідур В.А., Стручасв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві.,– К.: Аграрна освіта, 2008.- 233с

3. Кочегаров Б.Е. – Бытовые машины и приборы. Ч1. – Изд-во ДВГТУ, 2003.

4. Кожемяченко А.В., Петросов С.П. – Техника и технология ремонта бытовых холодильных приборов. – Академия, 2004.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Тема: Експериментальна оцінка параметрів парової компресійної холодильної установки.

Мета роботи: Ознайомитись зі схемою парової компресійної холодильної машини та лабораторним устаткуванням для оцінки її параметрів. Вивчити будову, принцип роботи і правила експлуатації холодильної установки на базі холодильного агрегату ВСр 400, техніку безпеки при її роботі. Отримати навички теоретичних розрахунків та здійснити практичне визначення основних параметрів парової компресійної холодильної установки: холодильну потужність машини і холодильний коефіцієнт.

Час виконання роботи: 4 год.

1 Порядок виконання роботи:

- відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи (студенти повинні пройти інструктаж техніки безпеки з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці);

- ознайомитись з принципом дії, будовою парової компресійної холодильної установки;

- розглянути будову лабораторної установки для визначення основних характеристик парової компресійної холодильної установки та відпрацювати методику замірів показників;

- провести випробування парової компресійної холодильної установки на заданому режимі: відрегулювати її і виконати потрібні заміри тисків усмоктування та нагнітання, температур напочатку та після охолодження і часу охолодження;

- записати показання вимірювальних пристроїв, значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу, отримані за результатами вимірів, та з діаграми $h - \lg p$, побудувати цикл роботи холодильної машини;

- виконати потрібні розрахунки та провести аналіз отриманих результатів; обробити експериментальні дані;

- зробити висновки по роботі;

- оформити звіт роботи;

- відповісти на контрольні запитання;

- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи:

Під час підготовки до роботи за вказаною літературою вивчити призначення та область застосування холодильних машин. Вивчити основні технічні дані. Вивчити будову і принцип роботи холодильної установки на базі холодильного агрегату ВСр 400. Вивчити правила техніки безпеки при її роботі. Вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки. Запустити холодильну машину в роботу і зняти показання приладів. За результатами вимірів побудувати цикл парової компресійної холодильної машини в $h - \lg p$ - діаграмі. Визначити основні технічні характеристики холодильної машини.

Оформити звіт по роботі.

2.1 Питання для самопідготовки:

2.1.1 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити теоретичні аспекти виробництва холоду. [1] с.199...205, [5] с.70...105.

2.1.2 Розглянути термодинамічні основи циклів парової компресійної холодильної машини. [2] с.206...213.

2.1.3 Розглянути властивості та $T-s$ і $h - \lg p$ діаграми холодильних агентів. [3] с.199-213. [1] с.199...205.

2.1.4 За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити розрахункові залежності і співвідношення основних технічних характеристик холодильної машини [4] с.100-102.

3 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

Для оцінки параметрів парової компресійної холодильної установки використовується виготовлений на кафедрі експериментальний стенд. Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів парової компресійної холодильної установки наведена на рисунку 1. Фотографія загального вигляду установки представлена на рисунку 2.

Для вимірювання маси води використовуються електронні ваги, а для визначення часу охолодження до необхідної температури використовують електронний секундомір.

Діаметр поршня компресора 60 мм, ход поршня 37 мм, число поршнів – 2, частота обертання вала компресора 1100 обертів у хвилину.

Для проведення досліджень крім основного обладнання задіяні наступні пристрої, посуд і матеріали:

- ваги лабораторні за ГОСТ 24104-80 з ціною ділення 0,5 мг;
- секундомір електронний.

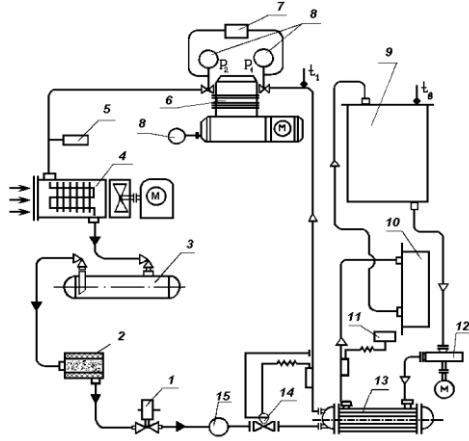


Рис. 1. Принципова схема установки для экспериментальной оцінки параметрів парової компресійної холодильної установки: 1 - вентиль мембранний з електромагнітним приводом; 2 - фільтр осушувач; 3 - ресивер; 4 - конденсатор; 5 - датчик-реле тиску; 6 - компресор; 7 - датчик-реле тиску; 8 - мановакуумметр; 9 - охолоджувач води; 10 - бак холодної води; 11 - датчик-реле температури; 12 - насос; 13 - випарник; 14 - терморегулюючий вентиль; 15 - вікно оглядове.



Рис. 2. Фотографія загального вигляду лабораторної установки для експериментальної оцінки параметрів парової компресійної холодильної установки

Інструкція з охорони праці

Загальні вимоги

До лабораторної роботи допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні роботи;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта.

Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не переходити самовільно на інші робочі місця і не пересуватися без потреби по лабораторії;
- при настроюванні парової компресійної холодильної установки повністю вимкнути її з електромережі;
- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентарю пожежогасіння;

Після закінчення експериментальної частини роботи:

- прибрати та здати робоче місце лаборанту або викладачу.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити по номеру 101.

Техніка безпеки при роботі парової компресійної холодильної установки:

1. Кожна парова компресійна холодильна установка повинна бути обладнана запобіжними клапанами та контрольно-вимірювальною апаратурою.

2. Запобіжні клапани та манометри встановлюються після ресивера.

3. Обов'язковому контролю підлягає температура повітря перед кожним холодильником та за ним, а також кінцева температура фреона на виході з компресора.

4. При значних відхиленнях тиску та температури від значень, що вказано в заводській інструкції, експлуатацію парової компресійної холодильної установки треба припинити, виявити недоліки та усунути їх.

5. Парові компресійні холодильні установки, обладнані електроприводом, повинні мати заземлення і надійну ізоляцію усіх елементів, по яких протікає струм.

6. При будь-якому способі приводу усі деталі, які обертаються (маховики, муфти і тому подібне) повинні мати огорожуючий кожух.

7. Шумові характеристики не повинні перевищувати 90 дБ. Вібрація на частотах від 2 до 63 Гц не повинна перевищувати 92 дБ.

8. Час присутності оператора біля працюючої парової компресійної холодильної установки не більше 20-30 хв. за зміну.

9. Двигун та щит приборів у темну частину доби повинні бути освітлені.

Експлуатація холодильної машини повинна проводитися відповідно до інструкції і «Правил техніки безпеки при роботі холодильних установок».

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.

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 усмоктування; 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.

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

При попаданні холодильного агента на шкіру й обмороженні 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 в приміщенні, заповненому газоподібним холодильним агентом, негайно винести постраждалого на свіже повітря і, у випадку припинення дихання, робити штучне дихання до приходу лікаря.

Забороняється загороджувати проходи біля машини предметами, що утрудняють доступ до машини.

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

На видних місцях повинні бути вивішені плакати з правилами надання допомоги при: ураженні електричним струмом, обмороженні, задусі; попаданні холодильного агента в очі.

Випадки екстреної зупинки парової компресійної холодильної установки

Холодильна установка повинна бути негайно зупинена у випадках, коли:

- з'явилися різкі стуки та удари;
- тиск у будь-якому ступені значно зріс та продовжує рости;
- зупинилась подача охолоджуючого повітря;
- пошкоджено ущільнення та має місце витік холодоагенту;
- спрацював запобіжний електромагнітний клапан;
- розплавилась встановлена на ресивері плавка пробка для викиду холодильного агента у випадку аварійного підвищення температури вище 66°C;
- не працює будь-який манометр;
- значно підвищилися показники електроприводу.

Однією з головних причин аварій компресорів холодильних машин є підвищення тиску, яке супроводжується підвищенням температури холодоагенту та перегрівання обмоток електродвигуна. Іншою причиною аварії холодильної машини може бути несправність фільтра-осушувача, що призводить до потрапляння у циліндр твердих часток, або кристалізації води в ТРВ. Третьою причиною ушкодження компресора холодильної машини (відривання головних циліндрів) може бути потрапляння вологої насиченої пари фреону в компресор, її конденсація та утворення гідроудару.

Правила експлуатації холодильної машини на базі холодильного агрегата ВСр 400

Відчинити нагнітальний і усмоктувальний вентиля компресора (при експлуатації вони повинні бути постійно відкриті).

Перевірити рівень мастила в компресорі (рівень повинний

бути не нижче середини оглядового скла).

Включити автоматичний вимикач на щиті керування: тумблери повинні бути в положенні «АВТ.» і «ОХОЛОДЖЕННЯ». При цьому загоряється сигнальна лампочка «КЕРУВАННЯ АВТ. ». Подальша робота машини здійснюється автоматично.

При досягненні по мановакуумметру на усмоктуванні тиску 0,3 МПа (3 кгс/см²) плавно повернути проти годинникової стрілки усмоктувальний вентиль компресора до відказу і потім прикрити на 1...1,5 оберти. Зробити попереднє настроювання терморегулюючого вентиля і приладів автоматики і захисту на необхідний режим роботи.

Для короткочасного припинення необхідно знеструмити машину, вимкнувши автоматичний вимикач.

Зупинка машини на тривалий термін (більш місяця) проводиться у такому порядку:

1. перекрити вентиль на виході з ресивера;
2. відсмоктати холодильний агент із випарника до тиску 0,02...0...0,5 МПа (0,2...0...0,5 кгс/см²);
3. знеструмити машину, вимкнувши автоматичний вимикач;
4. відключити рубильник подачі загального живлення;
5. перекрити всі запірні вентиля на машині, закрити усмоктувальні і нагнітальні вентиля компресора і навернути ковпаки на вентилях.

Настроювання приладів автоматики.

Прилади автоматики на заводі-виробнику настроюють на такі параметри:

датчик-реле тиску здвоєний Д 220-11 (контролюючий роботу компресора);

датчик високого тиску - на розмикання контактів при підвищенні тиску до $1,6 \pm 0,05$ МПа ($16 \pm 0,5$ кгс/см²), диференціал нерегульований;

датчик низького тиску - на розмикання контактів при зниженні тиску до $0,14 \pm 0,02$ МПа ($1,4 \pm 0,2$ кгс/см²), диференціал мінімальний;

датчик-реле тиску здвоєний Д 220-12 – який вимикає один з електродвигунів вентилятора конденсатора - при зниженні тиску конденсації, настроюється на спрацьовування при $0,5 \pm 0,1$ МПа ($5 \pm$ кгс/см²), диференціал $0,25 \pm 0,05$ МПа ($2,5 \pm 0,5$ кгс/см²). Датчик високого тиску не настроюється;

датчик-реле температури настроюється на замикання контактів при зниженні температури води на виході з випарника до

$1+1^{\circ}\text{C}$. Диференціал мінімальний;

терморегулюючий вентиль - настроюється на оптимальне заповнення випарної частини холодильним агентом.

Попереднє настроювання провадиться на підприємстві-виробнику.

У процесі роботи машини, в міру зниження температури води, різниця між температурою теплоносія і температурою кипіння буде зменшуватися. При досягненні температури води, близької до заданої, необхідно зробити остаточне настроювання, при цьому температура кипіння по мановакуумметру повинна бути на $4\dots 6^{\circ}\text{C}$ нижче необхідної температури теплоносія. Регулювання вентилем здійснюється плавним обертанням регульовального гвинта з витримкою через кожні півоберта для нормалізації режиму роботи.

Ознаки нормальної роботи машини.

Температура кипіння повинна бути на $4\dots 6^{\circ}\text{C}$ нижче температури теплоносія, який виходить з випарника. Температура конденсації повинна бути сталою. Тиск мастила повинен бути вище тиску усмоктування на величину не менше $0,05\text{ МПа}$ ($0,5\text{ кгс/см}^2$).

Датчик-реле температури повинний відключати машину при досягненні заданої температури і включати при підвищенні температури на заданий розмір диференціала.

У картері компресора повинний бути рівень мастила не нижче середини оглядового скла.

Робочий тиск нагнітання не повинен бути вище $1,5\text{ МПа}$ (15 кгс/см^2).

Верхня частина циліндрів не повинна мати температуру вищу 125°C , температура картера не вища 65°C .

На щиті керування горить сигнальна лампа “КЕРУВАННЯ АВТ.”, і не горять сигнальні лампи “НЕСПРАВНО”.

5 Методика проведення роботи

Провести зовнішній огляд холодильної установки і усіх агрегатів для її випробування. Переконатися, що бак заповнено водою. Виконати пуск компресора холодильної установки та переконатися у нормальній його роботі. Після стабілізації тиску на усмоктувальній і нагнітальній лініях компресора (через 5-10 хвилин) виміряти такі параметри: тиск парів холодильного агента на вході в компресор P_1 ; тиск парів холодильного агента після компресора P_2 ; температуру води в охолоднику на початку t'_g і наприкінці досліду t''_g ; час випробування τ , с. Тривалість охолодження приблизно 10-15 хв. Занести результати

вимірів у таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань та обчислень основних технічних показників роботи холодильної машини.

№	Величини, які треба вимірювати	Позначення	Чисельне значення
1	Тиск усмоктування, кгс/см ² , МПа	P_1	
2	Тиск нагнітання, кгс/см ² , МПа	P_2	
3	Температура води початкова, °С	$t'_{\text{води}}$	
4	Температура води кінцева, °С	$t''_{\text{води}}$	
5	Час охолодження, с	τ	

Провести розрахунки основних технічних характеристик холодильної машини.

6 Обробка результатів експерименту

Алгоритм розрахунку основних технічних характеристик холодильної машини ВСр-400

1. По $h - \lg P$ - діаграмі (рис. 3) визначити необхідні для подальшого розрахунку значення ентальпій h_1, h_2, h_4 у відповідних вузлових точках циклу.

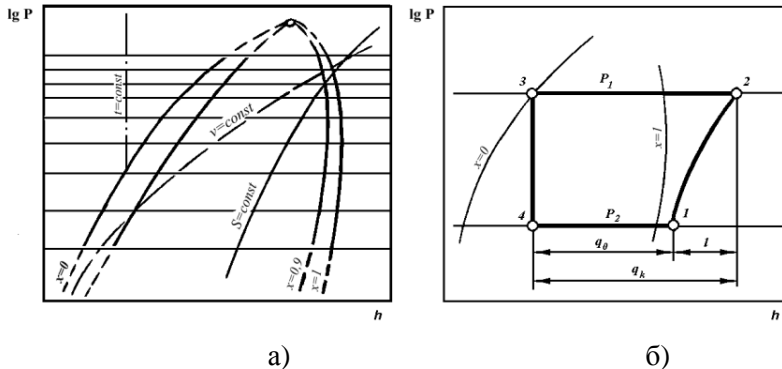


Рис. 3. Діаграма $h - \lg P$ холодильного агента R12:

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

Точка 1 характеризує стан пари холодильного агента на вході в компресор, визначається як точка перетину ізобари P_1 з верхньою граничною кривою $x = I$ (рис. 3,б).

Точка 2 - характеризує стан пари холодильного агента на виході з компресора, визначається як точка перетину адіабати, яка проходить в точці 1 з ізобарою P_2 (рис. 3,б).

Точка 3 - характеризує стан холодильного агента на виході з конденсатора, визначається як точка перетину ізобари P_2 з нижньою граничною кривою $x = 0$ (рис. 3,б).

Точка 4 - характеризує стан холодильного агента на виході з терморегулюючого вентиля, визначається як точка перетину лінії постійної ентальпії $h_3 = h_4$ та ізобари P_1 (рис. 3,б).

2. Визначити питому холодопродуктивність холодильного агента, q_0 , кДж/кг

$$q_0 = h_1 - h_4, \quad (1)$$

3. Визначити питому роботу стиску пари холодильного агента в компресорі, l , кДж/кг

$$l = h_2 - h_1, \quad (2)$$

4. Визначити питоме теплове навантаження конденсатора, q_k , кДж/кг

$$q_k = h_2 - h_3, \quad (3)$$

5. Визначити холодильний коефіцієнт холодильної машини, \mathcal{E}

$$\mathcal{E} = \frac{q_0}{l}, \quad (4)$$

6. Визначити масову витрату холодильного агента, M_k , кг/с

$$M_k = V_k \cdot \rho \cdot \lambda, \quad (5)$$

де V_k - теоретична подача компресора, м³/с;

ρ - щільність парів холодильного агента на вході в компресор (питомий об'єм парів холодильного агента визначається по $h - \lg P$ - діаграмі), кг/м³;

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

Теоретична подача компресора визначається за формулою

$$V_k = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot z \cdot n, \quad (6)$$

де D - діаметр поршня, ($D=17,5$ мм);

S - хід поршня, ($S=50$ мм);

z - число цилиндрів, ($z=2$);

n - частота обертання, c^{-1} ($n=16$ c^{-1}).

7. Визначити холодильну потужність машини, кВт

$$Q = q_0 M_k, \quad (7)$$

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

$$Q = \frac{M_e C_e (t'_e - t''_e)}{\tau}, \quad (8)$$

де M_e - маса води в охолоднику, ($M_e = 40 \text{ кг}$);
 C_e - теплоємність води, ($C_e = 4,19 \text{ кДж/кгК}$);
 τ - час випробування, с.

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

7 Контрольні питання

1. Принцип роботи і призначення холодильної машини на базі холодильного агрегата ВСр 400.
2. Будова і призначення основних вузлів холодильної машини.
3. Як здійснити пуск холодильної машини?
4. Основні правила техніки безпеки при експлуатації холодильної машини.
5. Як визначити холодильну потужність машини?
6. Як визначити холодильний коефіцієнт машини?
7. Як визначити питому холодопродуктивність холодильного агента?
8. Як визначити питому роботу стискання парів холодильного агента в компресорі?
9. Як визначити питоме теплове навантаження конденсатора?
10. Як визначити масову витрату холодильного агента?
11. Як визначити холодильну потужність машини за результатами вимірів температури води в охолоднику?

8 Тестові завдання

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

1. питоною теплотою кипіння;
2. питоною теплотою пароутворення;
3. питоною 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.

9 Наочні посібники, що рекомендуються:

1. Діюча холодильна машина на базі холодильного агрегата ВСр 400.
2. Плакат «Схема експериментального стенду для випробування холодильної машини на базі холодильного агрегата ВСр 400».
3. Плакат «Схема фільтра-осушувача».
4. Плакат «Схема фреонового випарника типу ИТ із внутрішнім кипінням R12».
5. Плакат «Схема терморегулюючого вентиля».
6. Плакат «Діаграма холодильного агента: а - схематичне зображення; б - зображення циклу холодильної машини».

Список рекомендованої літератури

1. Холодильные машины: Учебник для ВТУЗов/Под общ. ред. И.А. Сакуна.-Л.: Машиностроение, 1985.-510 с.
2. 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.
3. Кочетков Н.Д. Холодильная техника / Н.Д. Кочетков.– М.: Машиностроение, 1966. – 408 с.
4. Курылев Е.С. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам / Е.С. Курылев, Н.А. Герасимов. – Л.: Машиностроение, 1971.-256 с.
5. Дідур В.А., Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві.,– К.: Аграрна освіта, 2008.- 233с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Тема: Вивчення конструкції компресорів парової компресійної холодильної машини.

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

Час виконання роботи: 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- 1) Вивчити призначення компресора в паровій компресійній машині та ознайомитися з класифікацією компресорів.
- 2) Вивчити, з яких основних вузлів складається холодильний поршневий компресор.
- 3) Ознайомитися зі складовими елементами герметичного компресора;
- 4) Ознайомитися із принципом дії кривошипно-кулісного механізму;
- 5) Ознайомитися із принципом дії клапанної системи та зробити її ескіз із нанесенням основних розмірів складових частин;
- 6) Визначити переваги і недоліки вивчених типів компресорів.
- 7) Виконати неповне розбирання і збирання компресора (зняти кришку клапанів, клапанну дошку, усмоктувальний та нагнітальний клапани, поршень, поршневий палець, верхню та нижню головки шатуна);
- 8) Виконати ескізи із нанесенням основних розмірів таких деталей: клапанна дошка, усмоктувальний та нагнітальний клапани, поршень, поршневі кільця, поршневий палець, шатун).

2 Завдання для самостійної роботи

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

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

3 Загальні відомості

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

- відсмоктує пари холодильного агента із випарника;

- стискає їх в циліндрі до тиску конденсації;
- нагнітає у конденсатор і підтримує високий тиск холоди-
льного агента у вузлах машини до терморегулюючого (дроселюючого)
вентиля.

У підприємствах переробних і харчових виробництв використо-
вуються, головним чином, компресори двох типів: поршневі і ро-
таційні.

За ступенем герметичності компресори можуть бути відкри-
тими (сальниковими), напівгерметичними (безсальниковими), герме-
тичними.

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, 2-хциліндровий;

6 - холодопродуктивність компресора 6 кВт.

Усі поршневі відкриті (сальникові) компресори мають насту-
пні вузли та деталі:

- картер - конструктивна основа компресора, яка об'єднує
окремі вузли та деталі;

- циліндр або блок циліндрів - вузол, у який усмоктується,
стискається і виштовхується у конденсатор пара холодильного агента;

- поршні - вузол, за допомогою якого здійснюється усмок-
тування та стискання пари холодильного агента в циліндрі;

- кривошипно-шатунний механізм, який складається з ша-
туна, з'єданого одним кінцем з поршнем, іншим - з колінчастим ва-
лом, і колінчастого вала, вмонтованого в картер. За допомогою кри-
вошипно-шатунного механізму здійснюється перетворення обертово-
го руху колінчастого вала у зворотньо-поступовий рух поршня;

- клапанна дошка і змонтовані на ній усмоктуючий і нагні-
таючий клапани. Ця дошка з клапанами виконує роль розподільного
механізму;

- кришка блоку циліндрів - розділяє компресор на усмок-
туючу і нагнітаючу сторони;

- сальник - вузол, який ущільнює колінчастий вал на виході
його з картера.

Аналогічні деталі (за виключенням сальника) мають усі пор-
шневі компресори, у тому числі і герметичні.

Компресором називається машина для стискання і переміщення газів.

На стискання та переміщення газу витрачається робота

$$l = \int_{P_1}^{P_2} v dP.$$

На індикаторній діаграмі (рис. 1а) ця робота зображується площею 1,2,3,4.

Індикаторна діаграма одноступеневого поршневого компресора має вигляд.

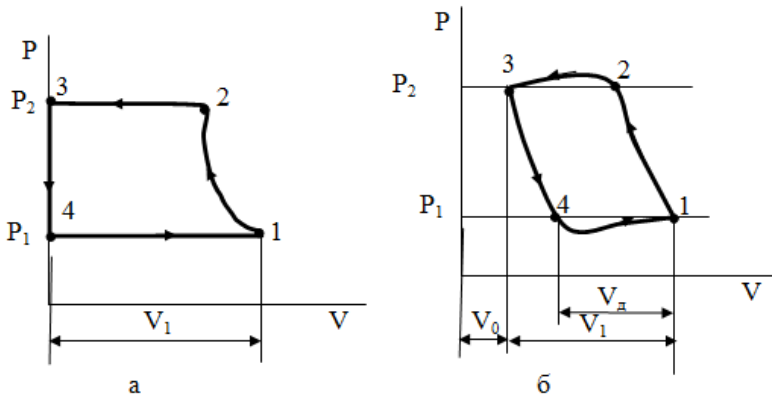


Рис. 1. Індикаторна діаграма поршневого компресора:

а - ідеального, б - реального; 4 - 1 - усмоктування газу при тиску P_1 ; 1 - 2 - стиснення газу від тиску P_1 до тиску P_2 ; 2 - 3 - виштовхування газу при тиску P_2 ; 3-4 – відкриття усмоктувального клапана.

Основний процес, який відбувається у компресорах всіх типів – процес стискання. Він може бути (рис. 2.2):

- 1 – ізотермним 1-2_{із}. (повністю охолоджувані компресори);
- 2 – адіабатним 1-2_{ад}. (повністю неохолоджувані компресори);
- 3 – політропним 1-2_{пол}. (частково охолоджувані компресори).

Стискання за ізотермою обумовлює найменшу роботу, отже, використання ізотермічного стискання є енергетично найбільш вигідним.

Щоб приблизити процес стискання до ізотермічного, необхідно відводити від газу, який стискається в компресорі, теплоту. Це досягається шляхом охолодження зовнішньої поверхні циліндра водою. Однак практично стискання газу здійснюється по політропі з показником $n=1,18\dots 2$.

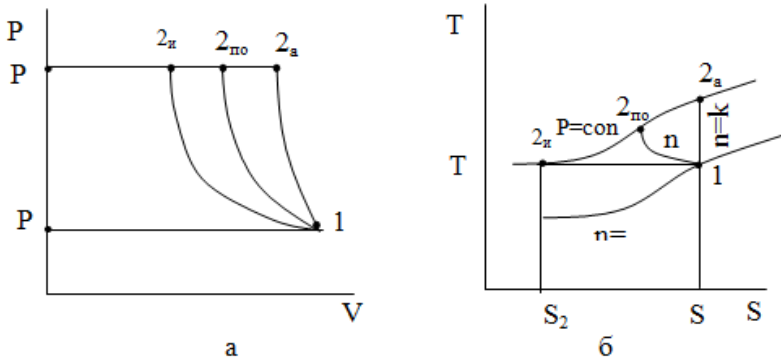


Рис. 2. Графіки процесів стискання газу в компресорі:
а) в P-V – координатах; б) в T-S – координатах.

Теоретична потужність приводу компресора дорівнює

$$N = m \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right], \text{ Вт}$$

де m – витрати газу, кг/с.

Багатоступеневе стискання

Для отримання газу високого тиску використовують багатоступеневі компресори, в яких процеси стискання здійснюються в декількох циліндрах з проміжним охолодженням газу після кожного стискання (рис.3).

Індикаторна діаграма двоступеневого компресора та зображення процесу стискання в T-S і P-V– діаграмах показані на рис. 4.

У циліндрі першого ступеня компресора (рис. 3) газ стискається по політропі 1-2 до тиску P_2 (рис. 4, а), охолоджується в холодильнику до первісної температури T_1 (ізобарний процес 2-3). Після холодильника газ надходить в циліндр другого ступеня (рис. 3).

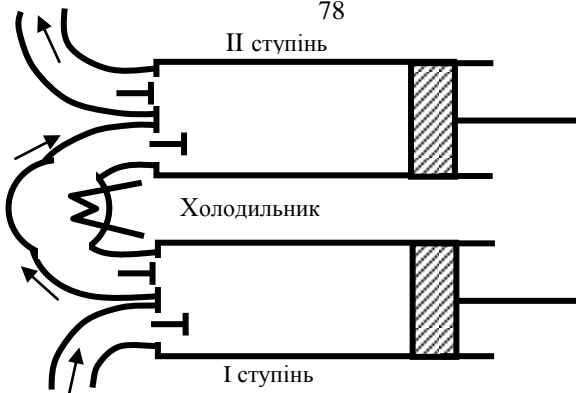


Рис.3. Схема багатоступеневого компресора

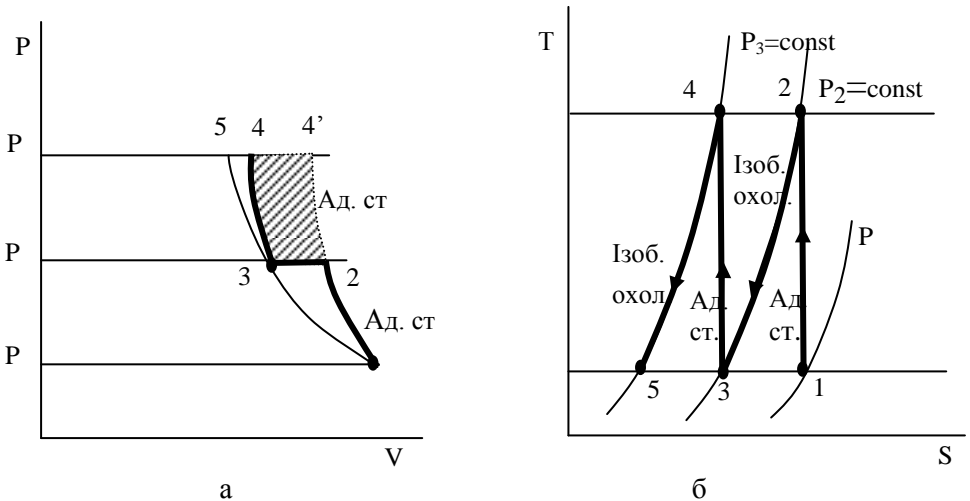


Рис. 4. Багатоступеневе стиснення у PV та TS координатах
а) у P-V - координатах; б) у T-S - координатах.

1-2, 3-4 – адіабатне стиснення в ступенях компресора.

2-3, 4-5 – ізобарне охолодження газу в проміжних холодильниках.

Призначення, класифікація й область застосування компресорів

За призначенням компресори поділяються на повітряні і газові. Найбільше поширення одержали повітряні компресори. Ці машини виробляють стиснене повітря тиском до 5,0 МПа, що широко застосовується в промисловості і сільському господарстві.

Наприклад, стиснене повітря використовується для дуття у топки котельних установок, камери згоряння двигунів внутрішнього

згоряння і газотурбінних установок. Стиснене повітря застосовується для сушіння сільськогосподарських продуктів (зерна, сіна і т.д.), для їхнього транспортування по трубопроводах, для перемішування, сепарації пилу й інших домішок зерна. Стиснене повітря як енергоносіє використовується для привода різноманітних пневмомеханізмів (молотів, трамбовок, вібраторів і т.д.).

Розвиток мережі газопроводів природного газу і збільшення їхньої довжини сприяли розвитку газових компресорів на високі (до 40 МПа) тиски. Для транспортування газу по трубах через кожні 100...150 км установлюють компресорні станції.

Компресори використовуються також для стиску парів холодоагента в холодильних машинах.

За принципом дії розрізняють об'ємні компресори і динамічні.

З об'ємних компресорів найбільше поширення одержали поршневі. У цих компресорах підвищення тиску відбувається внаслідок зменшення обсягу робочої порожнини, в якій знаходиться газ.

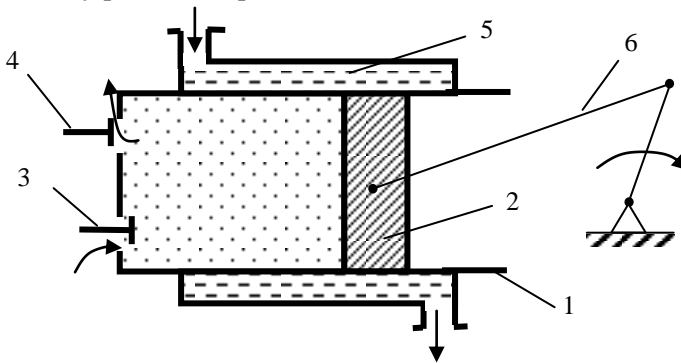


Рис. 5. Схема поршневого компресора: 1 - циліндр; 2 - поршень; 3 - всмоктувальний клапан; 4 - нагнітальний клапан; 5 - система охолодження; 6 - шатун.

У турбокомпресорах стискання відбувається внаслідок використання сил інерції потоку газу.

За напрямком руху потоку газу розрізняють відцентрові й осьові компресори. У відцентрових машинах потік рухається радіально (від центру до периферії обертового робочого колеса), а в осьових машинах потік паралельний осі обертання робочого колеса.

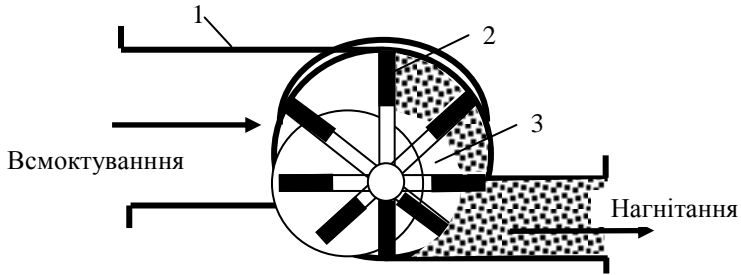


Рис. 6. Схема ротaційного компресора:
1 - корпус; 2 - пластини; 3 - ротор

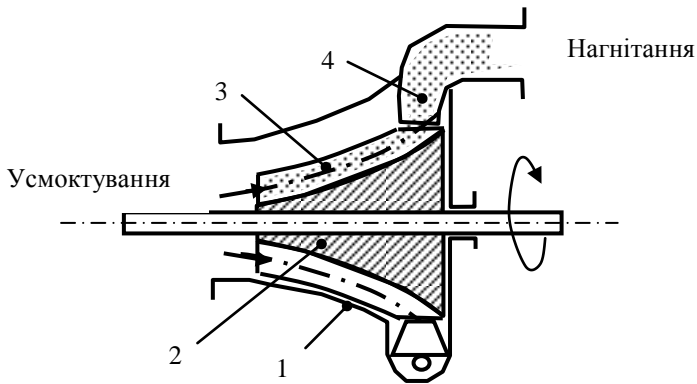


Рис. 7. Схема відцентрового компресора:
1 - корпус; 2 - робоче колесо; 3 - робчі лопатки; 4 - дифузор.

За ступенем підвищення тиску газу компресори поділяються на вентилятори ($\frac{P_2}{P_1} \leq 1,15$), нагнітачі або газодувки ($\frac{P_2}{P_1} > 1,15$ при відсутності охолодження) і, власно, компресори ($\frac{P_2}{P_1} > 1,15$ при наявності охолодження).

Параметри компресорної машини

До основних параметрів відносяться подача, кінцевий тиск, потужність на валі і ККД.

Подачею називається кількість газу, що подається компресором в одиницю часу. Розрізняють масову m кг/с, і об'ємну V_0 м³/с, подачу. У характеристиках машини зазвичай вказується об'ємна подача, віднесена до умов усмоктування або нормальних умов за ДЕРЖСТА-НДАРТ 2939-63 ($t_H = 20^0\text{C}$, $P_H = 101,325$ кПа).

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 2.8.

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, усмоктуючого і нагнітального вентилів. Картер представляє собою закриту раму, на якій кріпиться уся решта вузлів компресора. Блок циліндрів складається з двох циліндрів, у яких рухаються поршні. Він має загальні порожнини і канали усмоктування і нагнітання. Оребрена зовнішня поверхня блоку збільшує поверхню тепловіддачі. Поршні виготовлені з алюмінієвого сплаву і обладнані двома ущільнювачами і одним мастилознімним кільцем.

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

Сталевий колінчастий вал обертається в двох підшипниках кочення (кульковому і роликовому). Вільний кінець валу 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 холодоагенту в місці виходу колінчастого валу з картера.

Машення частин компресора, що рухаються, здійснюється розбризкуванням масла нижніми головками шатунів при обертанні колінчастого валу. Машення шатунних шийок валу проводиться через

просверлені у верхній частині нижньої головки шатуна похилі канали. Верхні головки шатунів змащуються мастилом через спеціальні отвори.

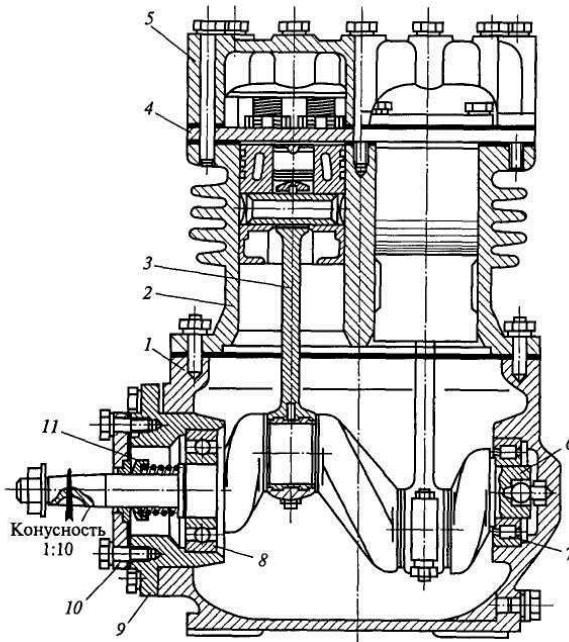


Рис. 8. Відкритий непрямочинний фреоновий компресор ФВ6: 1 - картер; 2 - блок циліндрів; 3 - шатун з поршнем; 4 - клапанна дошка; 5 - кришка циліндрів; 6 – колінчастий вал; 7 - задній підшипник; 8 - передній підшипник; 9 - корпус підшипника; 10 - передня кришка; 11 - сальник

Безсальникові компресори. Безсальникові (напівгерметичні) компресори разом з герметичними є в 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 валу; мають більш високу номінальну потужність, оскільки електродвигун ефективно охолоджується парами холодоагенту; мають кращі віброакустичні ха-

рактеристики, менші габарити (приблизно в 1,5 рази) і масу (приблизно на 40 %), ніж відкриті компресори; вартість їх монтажу і обслуговування також нижче.

Проте необхідно мати на увазі, що безсальникові компресори призначені для роботи на холодоагентах, 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 в загальний кожух, а ротор електродвигуна закріплений консольно, безпосередньо на валу компресора, що полегшує монтаж і демонтаж. В компресорі відсутній сальник, який є джерелом витоків мастила і холодоагента. 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 холодоагент 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 двохопорними, їх встановлюють горизонтально на підшипниках ковзання або кочення; при цьому, як правило, один підшипник розташований на кінцевій шийці валу, 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.

В 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 – пластинчаті, п'ятачкові, навантажені пружинами. Всмоктуючий патрубок встановлюють на корпусі статора. Пара холодоагента проходить через електродвигун і тільки тоді в циліндр, внаслідок чого охолоджуються обмотки електродвигуна і зменшується його номінальна потужність.

Компресори 2ФУБС9 застосовуються в стаціонарних і транспортних холодильниках і кондиціонерах. Ці компресори односхідчасті безкрейцкопфні, V-образні.

Компресор складається з блок-картера; колінчастого вала; шатунно-поршневої групи, електродвигуна, масляного насоса, клапанних дошок з усмоктувальними і нагнітальними клапанами, газово-

го фільтра, масляного фільтра, всмоктувального і нагнітального вентилів (рис. 9).

Блок - картер компресора являє собою чавунний виливок, що об'єднує:

- два блоки циліндрів з усмоктувальною і нагнітальною порожнинами, розташованими всередині їх;
- картер компресора;
- корпус умонтованого електродвигуна.

Усмоктувальна порожнина блоків циліндрів об'єднана з корпусом електродвигуна, що дозволяє охолоджувати всмоктуваними парами холодоагенту вмонтований у компресор електродвигун. Картер компресора має дві опори для підшипників колінчастого вала, а корпус електродвигуна - розточку для посадки статора.

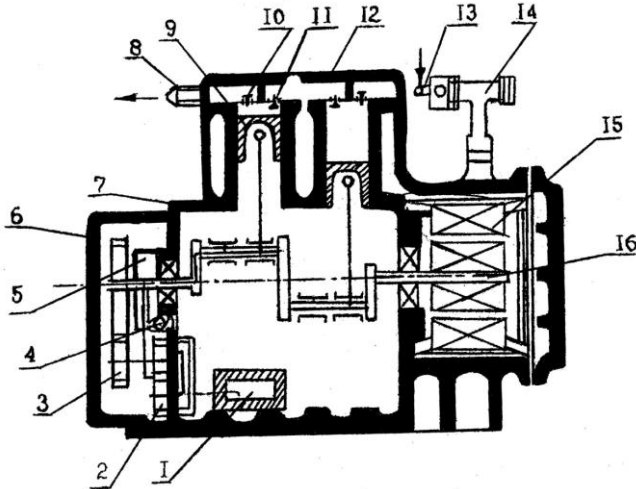


Рис. 9. Схема компресора 2ФУБC9: 1 - фільтр масляний; 2 - насос масляний; 3 - шестерні; 4 - клапан перепускний; 5 - підшипник фальшивий; 6 - кришка; 7 - блок-картер; 8 - вентиль нагнітальний; 9 - шатунно-поршнева група; 10 - нагнітальні клапани; 11 - усмоктувальні клапани; 12 - кришка циліндрів; 13 - вентиль усмоктувальний; 14 - фільтр газовий; 15 - електродвигун; 16 - вал колінчастий.



Рис. 10. Фотографія загального вигляду компресора 2ФУБС9

У блоки циліндрів встановлено чавунні гільзи. Бічні вікна блок-картера закриваються бічними кришками з оглядовими стеклами для контролю рівня масла в компресорі. На передній стінці блок-картера є пробка для зливу масла з картера компресора. До переднього фланця кріпиться кришка, що закриває привід масляного насоса, масляний насос і фальшивий підшипник.

До верхніх фланців блоків циліндрів кріпляться клапанні дошки і кришки циліндрів, через які здійснюється доступ до клапанів.

До фланців усмоктувальної і нагнітальної порожнин кріпляться відповідно усмоктувальні і нагнітальний вентиля, за допомогою яких компресор може бути відключений від системи.

Механізм руху складається з колінчастого вала, шатунно-поршневої групи, електродвигуна і масляного насоса.

Колінчастий вал сталевий, двохопірний, двоколінний. Вал має консольний привідний кінець, на який насаджено ротор електродвигуна. На інший кінець вала на сегментній шпонці насаджена косозуба шестерня приводу масляного насоса. Для подачі масла від насоса до шатунних шийок у колінчастому валі зроблені отвори, що утворюють масляну магістраль.

Електродвигун компресора асинхронний, короткозамкнений. Ротор електродвигуна насаджено на кінець колінчастого вала і закріплений на ньому за допомогою опорної шайби і болтів зі стопорною шайбою. Статор електродвигуна насаджено у расточку блок-картера.

Клапанна дошка встановлюється у верхній частині компресора між блок-картером і кришкою циліндрів. Усмоктувальні клапани самодіючі, стрічкові, смугові. Сідлом для усмоктувальних клапанів служать сталеві накладні планки з двома подовжніми щілинами. Щі-

лини сідла закриваються клапанними пластинами. Пари проходять у циліндр крізь щілини в сідлі й отвори в клапанній плиті.

Таблиця 1 - Технічна характеристика компресора 2ФУБС9

Найменування	Значення
Холодопродуктивність на Хладоні 12, на стандартному режимі, кВт	10,7
Подача, м ³ /год	41,4
Потужність електродвигуна, кВт	5,0
Номинальна частота обертання, с ⁻¹	16
Холодильний агент	Хладон 12, Хладон 22, Хладон 142
Застосовуване масло при роботі на Хладонах 12 і 142	ХФ22С-16
Кількість масла, що заправляється в компресор, кг	5,5
Діаметр циліндра, мм	67,5
Хід поршня, мм	50
Число циліндрів, шт	4
Напруга, В	220/ 380

Нагнітальні клапани п'ятчкові, пластинчасті, навантажені пружинами. Порожнина, існуюча між кришкою циліндрів і клапанною дошкою, розділяється внутрішньою перегородкою кришки циліндрів на всмоктувальну і нагнітальну. Між блок-картером і всмоктувальним вентилем установлюється газовий фільтр.

Система змащування. Система змащування в компресорі комбінована: примусова - шатунних шийок; розбризкуванням - дзеркала циліндрів поршнів, поршневих пальців і підшипників качання. У систему змащування входить шестеренний насос, фальшивий підшипник і перепускний клапан.

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. В герметичному компресорі відсутній сальник, який є найвразливішим місцем машини: через нього можливі витоки холодоагента 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 валу, 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. В герметичних машинах зменшується кількість холодоагента в системі, оскільки не потрібно мати запасу для компенсації природних витоків; значно знижується витрата холодоагента при експлуатації, оскільки відпадає необхідність періодичної дозарядки машин; є можливість охолоджувати обмотку електродвигуна потоком всмоктуваних парів холодоагента, 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 у разі виникнення несправностей він, як правило, не підлягає ремонту.

Поршневі герметичні компресори. Поршневі герметичні компресори застосовують в 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 валу 50 с-1 (3000 об/мин).

Компресори різного призначення мають в основному ідентичну конструкцію (рис. 11).

Вал компресора одночасно служить і відцентровим масляним насосом: масло поступає у вертикальний отвір, зміщений щодо осі, 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 зазора між поршнем і стінками циліндра до 0,01 мм і наявністю кільцевих канавок на бічній поверхні поршня, за-

повнюваних маслом. Зменшення зазора в герметичних компресорах стало можливим, оскільки деталі шатунно-поршневої групи ефективно охолоджуються парами холодоагенту, внаслідок чого термічне розширення під дією сил тертя невелике.

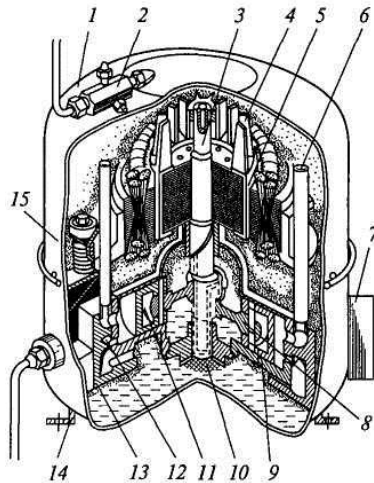


Рис. 11. Компресор ФГ 1,1-3:

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

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

Герметичний компресор ФГ–0,1 (рис. 12) 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 осі. Масло під дією центробіжної сили подається у спіральні канавки на поверхні корінної і шатунної шийок вала. Клапани пружні консольні. Усмоктувальний 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.

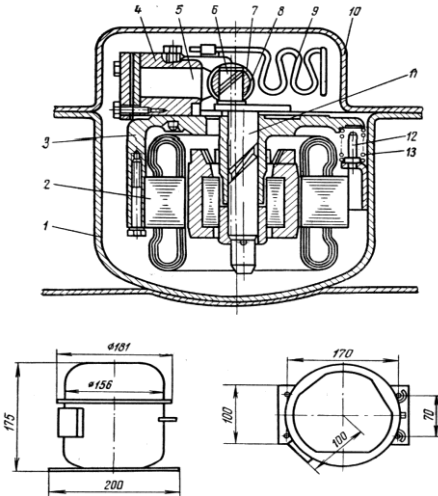


Рис. 12. Схема і фотографія герметичного компресора ФГ–0,1

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

Робочим органом гвинтових компресорів (рис. 13) служить ротор з профілями, що сполучаються, виготовленими у формі спіралей (черв'яків). Гвинтові компресори можуть бути одно-, дво- і трироторними. Найпоширенішими є двороторні конструкції.

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

При повороті роторів холодоагент поступає через усмоктуюче вікно і заповнює порожнину між виступом на провідному роторі і западиною на веденому роторі. Холодоагент у цій порожнині рухається в осьовому і радіальному напрямках і стискається за рахунок змен-

шення замкнутого об'єму порожнини. Стискання продовжується до тих пір, поки порожнина між виступом і западиною не досягне нагнітального вікна в циліндрі.

Залежно від способу ущільнення порожнини стискання 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 стискання.

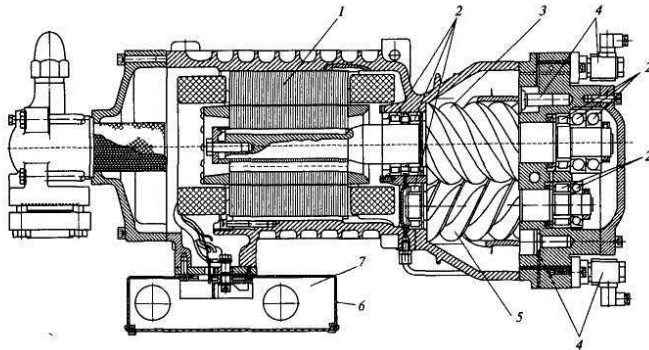


Рис. 13. Гвинтовий безсаліниковий компресор: 1 – вбудований електродвигун; 2 – підшипники; 3 – ведучий ротор; 4 – пристрій регулювання продуктивності (розвантажений старт); 5 – ведений ротор; 6 – клемна коробка; 7 – пристрій захисту електродвигуна.

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, поршневиими: мають 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 холодоагентах; практично виключений гідравлічний удар; плавне і економічне регулювання холодопродуктивності. До недоліків гвинтових компресорів можна віднести дещо гіршу енергетичну ефек-

тивність у порівнянні з поршневыми компресорами через відносно великі зворотні перетікання пари через щілини усередині компресора; достатньо високий рівень шуму; досить громіздку систему змащення.

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.

5 Тестові завдання

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. $p v = const$;
3. $p v^n = const$;
4. $p v^k = const$.

4. Робота в політропному процесі визначається:

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

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

$$3. \ell = 0 ;$$

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

5. Питому роботу 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.

6 Список рекомендованої літератури

1. 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.

2. 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.

3. Главацкая В.И. Механическое и холодильное оборудование предприятий общественного питания: Учебник для техникумов / В.И. Главацкая, И.Е. Киселева, Т.Н. Родникова. –3-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 1982. – 408 с.

4. Кочетков Н.Д. Холодильная техника / Н.Д. Кочетков.– М.: Машиностроение, 1966. – 408 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Тема: Експериментальна оцінка параметрів компресора об'ємної дії.

Мета роботи: Ознайомитись зі схемою і будовою об'ємного компресора та лабораторної установки для оцінки параметрів компресора об'ємної дії. Одержати навички теоретичних розрахунків та практичного визначення основних параметрів компресора: теоретичної та дійсної подачі, коефіцієнта подачі, теоретичної та споживаної потужності, ефективного ізотермічного ККД.

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи;
- ознайомитись з принципом дії, будовою об'ємних компресорів;
- розглянути будову лабораторної установки для визначення основних характеристик компресора та відпрацювати методику замірів означених показників;
- провести випробування компресора на заданому режимі: відрегулювати компресор на заданий тиск і виконати потрібні заміри тиску, температури, часу та потужності електродвигуна;
- виконати потрібні розрахунки та провести аналіз отриманих результатів; обробити експериментальні дані;
- зробити висновки по роботі;
- оформити звіт роботи;
- відповісти на контрольні запитання і тестові завдання;
- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи

Під час підготовки до роботи за вказаною літературою вивчити термодинамічні аспекти стискання газів у об'ємних компресорах. Вивчити класифікацію, призначення та область використання компресорів. Вивчити будову і принцип роботи повітряного компресора. Вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки для випробування компресора.

- Скласти загальну класифікацію компресорів.
- Розглянути термодинамічні основи стискання газів у об'ємних компресорах [1] с.83-85, [4] с.298-305.
- Розглянути обґрунтування необхідності багатосхідчастого

стискання повітря [4] с. 308-12.

- За рекомендованою літературою позааудиторно вивчити основні розрахункові характеристики і співвідношення поршневого компресора [1] с.296-300. [4] с. 384- 388.

3 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

Для оцінки параметрів компресора об'ємної дії використовується виготовлений на кафедрі експериментальний стенд.

Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів компресора об'ємної дії наведена на рисунку 1, а фотографія загального вигляду на рисунку 2.

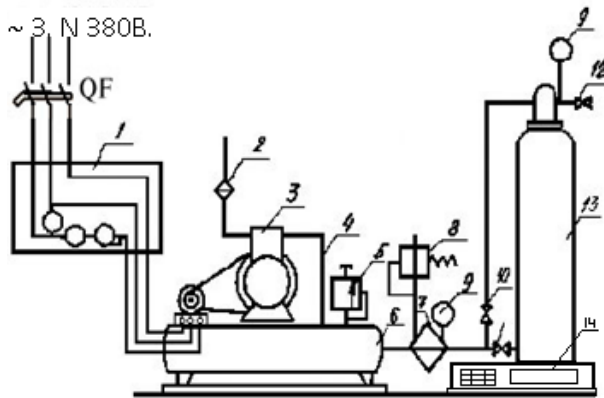


Рис. 1. Принципова схема установки для експериментальної оцінки параметрів компресора об'ємної дії: 1 - вимірювальний комплект К-50; 2 - повітряний фільтр; 3 - циліндр; 4 - нагнітальний трубопровід; 5 - запобіжний клапан; 6 - ресивер; 7 - фільтр для очищення стиснутого повітря; 8 - регулятор тиску; 9-манометр; 10,11,12 - крани; 13 - балон; 14 - електронні ваги.

Приводом компресора об'ємної дії служить електродвигун. Компресор має два циліндри -3, повітряний фільтр- 2, нагнітальний трубопровід – 4, запобіжний клапан – 5, фільтр для очищення стиснутого повітря- 7, регулятор тиску – 8, манометр -9, повітряні крани – 10, 11, 12, балон для стиснутого повітря – 13 та вимірювальний комплект - К-50; електронні ваги – 14.



Рис. 2. Фотографія загального вигляду лабораторної установ- ки для експериментальної оцінки параметрів компресора об'ємної дії

Для вимірювання маси повітря використовуються електронні ваги, а для визначення часу заповнення балона повітрям до необхідного тиску використовують електронний секундомір.

Діаметр поршня компресора 60 мм, ход поршня 37 мм, число поршнів – 2, частота обертання вала компресора 670 обертів у хвилину.

Для проведення досліджень крім основного обладнання задіяні наступні пристрої, посуд і матеріали:

- ваги лабораторні за ГОСТ 24104-80 з ціною поділки 0,5 мг;
- секундомір електронний.

Інструкція з охорони праці

Загальні вимоги

До лабораторної роботи допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні роботи;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта.

Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не переходити самовільно на інші робочі місця і не пересу-

ватися без потреби по лабораторії;

- при настроюванні компресора повністю вимкнути його з електромережі;

- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентаря пожежогасіння;

Після закінчення експериментальної частини роботи:

- прибрати та здати робоче місце лаборанту або викладачу.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити по номеру 101.

Техніка безпеки при роботі компресорів

1. Кожна компресорна установка повинна бути обладнана запобіжними клапанами та контрольно-вимірювальною апаратурою.

2. Запобіжні клапани та манометри встановлюються між ступенями компресора та на ресивері.

3. Обов'язковому контролю підлягає температура повітря перед кожним холодильником та за ним, а також кінцева температура повітря (газу) на виході з компресора.

4. При значних відхиленнях тиску та температури від значень, що вказано в заводській інструкції, експлуатацію компресора треба припинити, виявити недоліки та усунути їх.

5. Компресорні установки, обладнані електроприводом, повинні мати заземлення і надійну ізоляцію усіх елементів, по яких протікає струм.

6. Компресорні установки, обладнані ДВЗ, можуть експлуатуватися при умові справної роботи усіх систем двигуна.

7. При будь-якому способі приводу усі деталі, які обертаються (маховики, муфти і тому подібне) повинні мати огорожуючий кожух.

9. Шумові характеристики не повинні перевищувати 90 дБ.

10. Вібрація на частотах від 2 до 63 Гц не повинна перевищувати 92 дБ.

10. Час присутності оператора біля працюючого компресора не більше 20-30 хв. за зміну.

11. Двигун та щит приборів у темну частину доби повинні бути освітлені.

12. До експлуатації компресорних установок допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку та мають відповідні посвідчення.

Випадки екстреної зупинки компресора

Компресор повинен бути негайно зупинений у випадках, коли:

- з'явилися різкі стуки та удари;
- тиск у будь-якому ступені значно зріс та продовжує рости;
- зупинилась подача охолоджуючої води (рідини);
- пошкоджено ущільнення та має місце значний витік повітря;
- спрацював запобіжний клапан першого або другого ступеня;
- лопнула запобіжна мембрана в системі охолодження;
- не працює будь-який манометр;
- значно підвищилися показники електроприводу.

Однією з головних причин вибухів компресорів є підвищення тиску, яке супроводжується підвищенням температури стисненого повітря та спалахуванням масла в циліндрах. Причиною вибуху компресора може бути несправність фільтра, що призводить до потрапляння у циліндр пилу та утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей. Третьою причиною ушкодження компресора (відривання головних циліндрів) може бути конденсація вологи та утворення гідроудару.

4 Методика проведення роботи

Провести зовнішній огляд компресора і всіх агрегатів для його випробування. Переконайтеся, що вентиль 10 закритий, а вентиль 11 відкритий (рис. 8). Виконати пуск компресора та переконайтеся у нормальній його роботі. Під час роботи компресора за допомогою регулятора тиску 8 встановити надлишковий тиск у ресивері (3 кгс/см^2) по манометру. Під час роботи компресора виконати одночасне закриття крана 11 та відкриття крана 10 для подачі усього повітря, що виходить з компресора, у балон 13. Після того, як надлишковий тиск у балоні буде $P_{M2} = 3 \text{ кгс/см}^2$, кран 10 закрити, секундомір зупинити і вимкнути компресор.

У процесі наповнення балону повітрям та за показниками ватметра вимірювального комплекту К-50 записати величину споживаної потужності для однієї фази.

Занести результати вимірів у таблицю 1.

Провести розрахунки основних технічних характеристик компресора.

Таблиця 1 - Результати вимірювань та обчислень основних технічних показників роботи компресора

№ пп	Величини, які треба вимірювати та обчислювати	Позначення	Чис. знач.
1	Показання барометра , кгс/см ² , Па	P_0	
2	Температура навколишнього повітря, °С	t_0	
3	Середня температура повітря у процесі усмоктування, °С, ($t_2 = t_1 + 10$ °С)	t_1	
4	Середня температура повітря у балоні в кінці його наповнення, °С $t_2 = t_1 + 100$ С	t_2	
5	Надлишковий тиск повітря у балоні в кінці його наповнення, кгс/см ² , Па	P_{M2}	
6	Показники ватметра при заповненні балона повітрям (електрична потужність, що споживається), кВт	$N_{об}$	
7	Час заповнення балона повітрям, с	τ	
8	Основні конструктивні параметри		
	Діаметр поршня, мм	D	60
	Хід поршня, мм	S	37
	Кількість циліндрів, шт.	z	2
	Частота обертання колінчастого вала компресора, хв ⁻¹	n	670
9	ККД електродвигуна	$\eta_{дв}$	0,82
10	ККД клиноремінної передачі	$\eta_{пер}$	0,98
11	Приріст маси повітря у балоні за час його наповнення, кг	ΔM	
12	Щільність повітря при середній температурі процесу усмоктування, кг/м ³	ρ_1	
13	Дійсна об'ємна подача компресора, м ³ /с	V_d	
14	Теоретична об'ємна подача компресора, м ³ /с	V_T	
15	Коефіцієнт подачі компресора	η_v	
16	Теоретична потужність, що споживається компресором, кВт	$N_{т.вим}$	
17	Ефективна потужність, яка витрачається на привід компресора, кВт	N_e	
18	Ефективний ізотермічний ККД компресора	$\eta_{т.вим}$	

5 Обробка результатів експерименту

Алгоритм розрахунку основних технічних характеристик

1. Маса повітря у балоні перед початком його наповнення

$$M_1 = \frac{P_0 V}{RT_0} \quad (1)$$

де V - ємність балона, ($V=45$ л);

R - газова стала повітря, (287 Дж/кг·К);

2. Масу повітря в балоні після його наповнення

$$M_2 = \frac{P_2 V}{RT_2} \quad (2)$$

де $P_2 = P_0 + P_{M_2}$ - абсолютний тиск повітря у балоні

3. Приріст маси повітря у балоні.

$$\Delta M = M_2 - M_1 \quad (3)$$

4. Щільність повітря при середній температурі усмоктування

$$\rho_1 = \frac{P_1}{RT_1} \quad (4)$$

де P_1 - абсолютний тиск повітря при усмоктуванні, $P_1 = P_0$

5. Дійсну об'ємну подачу компресора

$$V_\delta = \frac{\Delta M}{\rho_1 \tau} \quad (5)$$

6. Теоретичну об'ємну подачу компресора

$$V_T = \frac{\pi D^2 S \cdot n \cdot z}{240} \quad (6)$$

7. Коефіцієнт подачі компресора

$$\eta_v = \frac{V_\delta}{V_T} \quad (7)$$

8. Теоретичну потужність, яка споживається компресором, що відповідає ізотермічному процесу стискання.

$$N_{\text{т.вим}} = 10^{-3} \cdot P_1 \cdot V_\delta \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (8)$$

9. Ефективну потужність, яка витрачається на привод компресора.

$$N_e = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пер}} \quad (9)$$

10. Ефективний ізотермічний ККД компресора.

$$\eta_{T.вим} = \frac{N_{T.вим}}{N_e} \quad (10)$$

Отримані значення співставити із середнім значенням цього ККД для даного типу компресора з довідкових даних і зробити висновок про економічність роботи компресора в заданому режимі.

6 Контрольні питання

1. Які з термодинамічних процесів відповідають стисканню у компресорі?
2. У якому процесі стискання газу потужність, що споживається на привод поршневого компресора, буде найменшою?
3. Як визначити масу повітря у балоні перед початком його наповнення?
4. Що називається теоретичною об'ємною подачею компресорів та від яких факторів вона залежить?
5. Що називається дійсною об'ємною подачею компресора? За рахунок яких факторів вона відрізняється від теоретичної подачі?
6. Що характеризує коефіцієнт подачі компресора?
7. Як визначити теоретичну потужність, яка споживається компресором, що відповідає ізотермічному процесу стискання?
8. Що називається ефективною потужністю, яка витрачається на привод компресора?

7 Тестові завдання

1. Компресор холодильної машини призначений для:

- а) поділу рідкої й газоподібної фаз;
- б) стиску пар холодильного агента від тиску кипіння до тиску конденсації;
- в) зниження тиску від тиску конденсації до тиску кипіння;
- г) кипіння холодильного агенту.

2. Адіабатним називається процес, який:

- а) який протікає при постійній температурі;
- б) під час якого питома теплоємність газу залишається незмінною;
- в) відбувається без теплообміну системи з навколишнім середовищем;
- г) немає вірної відповіді.

3. 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:

- а) Кінетична енергія;

- б) Абсолютний тиск;
- в) Робота;
- г) Густина.

4. Компресор повинен бути негайно зупинений у випадках:

- а) з'явилися різкі стуки та удари;
- б) пошкоджено ущільнення та має місце значний витік повітря;
- в) не працює будь-який манометр;
- г) в будь-якому з перелічених випадків.

5. Теоретична об'ємна подача компресору розраховується

за формулою:

$$а) V_T = \frac{\pi D^2 S \cdot n \cdot z}{240}$$

$$б) V_o = \frac{\Delta M}{\rho_1 \tau}$$

$$в) N_{т.вим} = 10^{-3} \cdot P_1 \cdot V_o \cdot \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$г) V = M_2 - M_1$$

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

- а) робоче тіло;
- б) теплове джерело;
- в) термодинамічна субстанція;
- г) вода.

8 Список рекомендованої літератури

1. Драганов Б.Х. Теплотехніка. – Київ: Фірма «ІНККОС», 2005. – 400с.
2. Есин В.В. и др. Практикум по теплотехнике и применению тепла в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1971. – 255 с.
3. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1985. – 174 с.
4. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.: ГЭИ, 1973. – 386 с.
5. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоиздат. 1984. – 416 с.
6. Холодильні установки: Підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумака, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; За ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Тема: Вивчення конструкції контрольно-вимірних приладів та автоматики холодильної установки

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

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи;

- ознайомитись з принципом дії, будовою реле температури, реле тиску, реле температури, реле контролю змазки, реле рівня, терморегулюючого вентиля;

- розглянути будову вищезазначених приладів автоматизації на лабораторному стенді і описати схеми приладів автоматики;

- вивчити конструкції приладів автоматики для набуття навичок їхнього ремонту шляхом розбирання та збирання;

- визначити місця встановлення приладів автоматики на холодильній установці та способів їх регулювання;

- зробити висновки по роботі;

- оформити звіт з лабораторної роботи;

- відповісти на контрольні запитання і тестові завдання;

- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи

Під час підготовки до роботи за рекомендованою літературою вивчити класифікацію, призначення та область використання приладів автоматики. Вивчити будову і принцип роботи приладів автоматики холодильних машин. Опрацювати конспект лекцій.

3 Загальні відомості

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

Реле температури

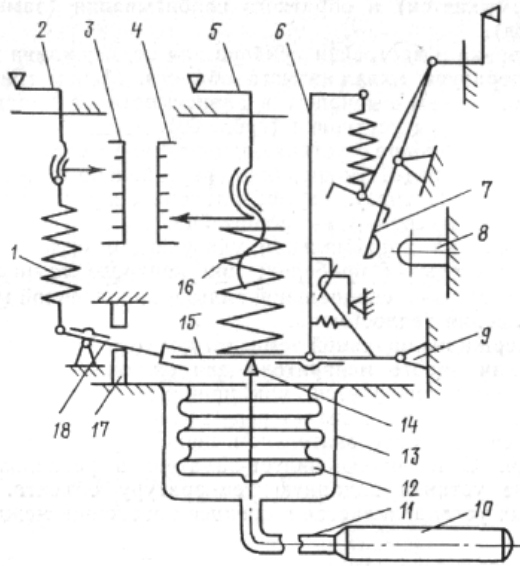


Рис. 1. Принципова схема реле температури:

1- пружина диференціала; 2-задавач диференціала; 3-шкала диференціала; 4-шкала установки; 5-задавач установки; 6-плече основного важеля; 7-рухомий контакт; 8-нерухомий контакт; 9-вісь основного важеля; 10-термобалончик; 11-капілярна трубка; 12-сильфон; 13-корпус сильфона; 14-товкач сильфона; 15-основний важіль; 16-основна пружина установки; 17-упор вилок диференціала; 18-вилка диференціала.

Принцип дії приладу базується на зміні тиску парорідинної суміші холодильного агента у термосистемі приладу залежно від зміни температури термобалона. При підвищенні температури термобалона тиск холодильного агента зростає, взаємодіє через капілярну трубку на сильфон, стискає його. Товкач 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 у роботу. Зусилля стиску пружини установки регулюється гвинтом-задавачем. Налаштування приладу контролюється за положенням стрілки шкали установки. Чим сильніше стиснута пружина установки (стрілка встановлена у нижній частині шкали), тим більший

тиск необхідний з боку сильфона для повороту основного важеля за часовою стрілкою. Таким чином, замикання контактів приладу буде відбуватися при більшій температурі об'єкта, що контролюється.

Реле тиску

Залежно від призначення виділяють реле низького тиску, високого тиску та двоблочне реле.

Реле низького тиску

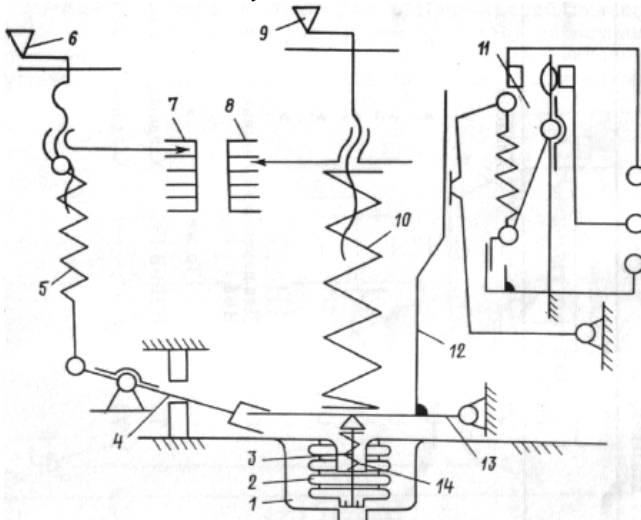


Рис. 2. Принципова схема реле низького тиску:

1-корпус сильфона; 2-сильфон; 3-товчак; 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.

Пряме спрацювання цього реле (розмикання контакту) відбувається при зниженні тиску, що контролюється до величини, що встановлена на шкалі установки. Зворотнє спрацювання (замикання контакту) відбувається при підвищенні тиску, що контролюється на величину налаштування диференціала.

Реле високого тиску

Пряме спрацювання реле високого тиску (розмикання контакту) відбувається при збільшенні тиску, що контролюється, до величини, яка встановлена на шкалі установки. Зворотнє спрацювання (замикання контакту) існує при зниженні тиску, що контролюється, на

величину налаштування диференціала.

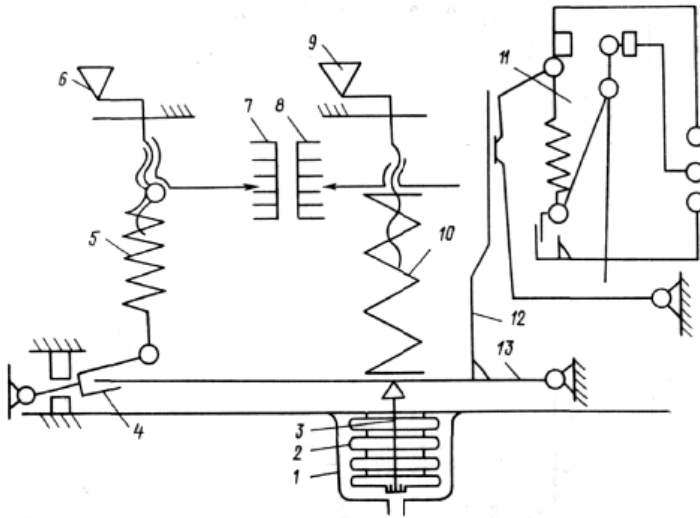


Рис. 3. Принципова схема реле високого тиску:

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 перемикання контакту; 12-плече основного важеля; 13-основний важіль; 14-пружина.

Двоблочне реле тиску

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

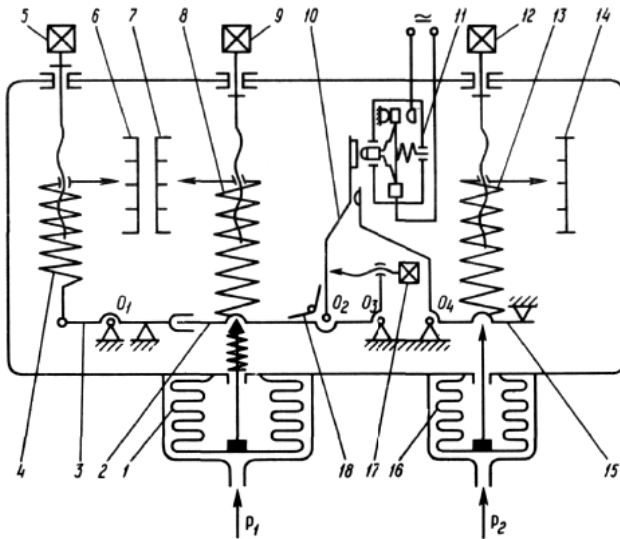


Рис. 4. Принципова схема двоблочного реле тиску:

1-сильфон 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-сильфон високого тиску; 17-гвинт заводського налаштування; 18-допоміжна пружина; $O_1 - O_4$ –осі обертання.

Реле контролю змазки

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 в електричну схему реле часу.

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.

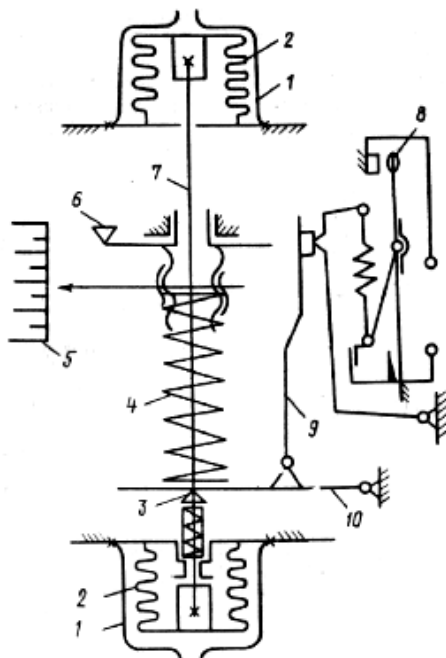


Рис. 5. Принципова схема реле контролю змазки

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.

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.

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 допо-

могою яких він приєднується до посудини Π , 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 поплавної 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.

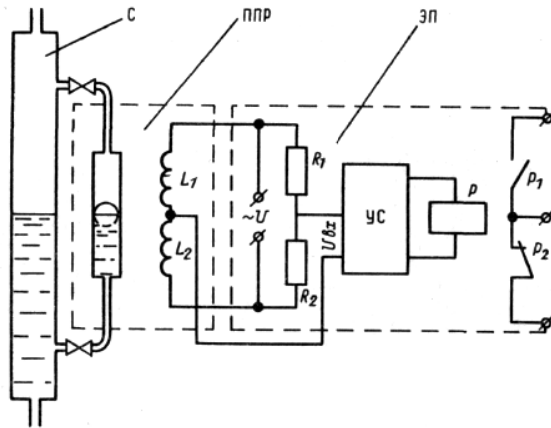


Рис. 6. Принципова схема поплавкового реле рівня типу PPP-5

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.

Терморегулюючий вентиль (ТРВ) та капілярна трубка

Для зниження тиску після компресора та забезпечення тиску, при якому кипіння хладагенту у випарнику буде відбуватися при низькій температурі, використовують терморегулюючий вентиль (ТРВ), або капілярну трубку.

Перед тим, як описувати принцип роботи ТРВ, коротко скажемо про капілярну трубку. Капілярна трубка відноситься до розширювальних пристроїв, які мають регуляторні властивості. Це дросель постійного діаметра, який забезпечує охолодження холодоагента. Це

може бути латунний або мідний трубопровід з внутрішнім діаметром 0,66 мм і більше. Цей розширювальний пристрій не потребує налагодження та додаткових засобів регулювання, до того ж має низьку собівартість. Тому його використовують для холодильних установок малої потужності, таких як кондиціонери повітря, побутові холодильники, малі теплові насоси, морозильники, холодильні шафи прилавки.

Приклад конструктивного виконання ТРВ показано на рис. 7.

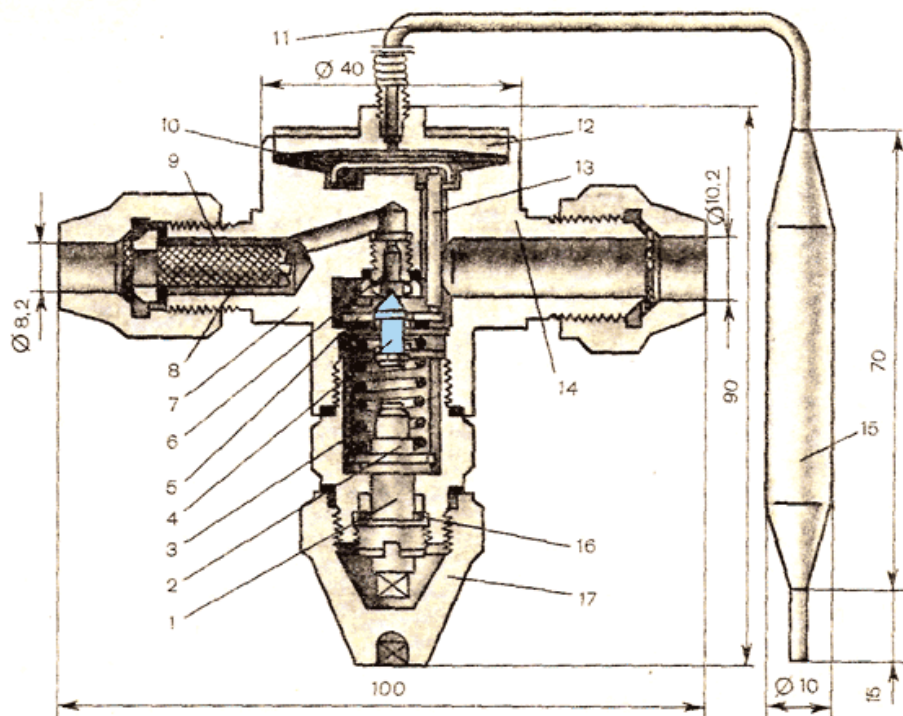


Рис. 7. Приклад конструктивного виконання ТРВ: 1 – гвинт регулювання перегріву; 2 – шток; 3 – пружина; 4 – клапан; 5 – напрямна; 6 – сідло клапана; 7 – корпус; 8 штуцер усмоктувального трубопровода; 9 – фільтр; 10 – мембрана; 11 - капілярна трубка; 12-корпус мембрани; 13-вирівнювальна трубка; 14 - вихідний штуцер; 15-термобалончик приладу; 16-сальник; 17- захистна кришка.

При зміні потужності системи кількість фреона, який пропускає капілярна трубка, не змінюється, тому що капіляр не може пропускати більше, ніж розраховано, через малий внутрішній діаметр. У таких випадках використовують ТРВ.

Терморегулюючий клапан призначений для автоматичної подачі у випарник такої кількості холодильного агента, яка забезпечує оптимальну величину перегріву на усмоктуванні компресора. Плавне регулювання відкриття клапана ТРВ відбувається за рахунок зміни перегріву пари в усмоктувальному трубопроводі.

Принцип дії ТРВ (рис.8) 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 в усмоктувальному трубопроводі.

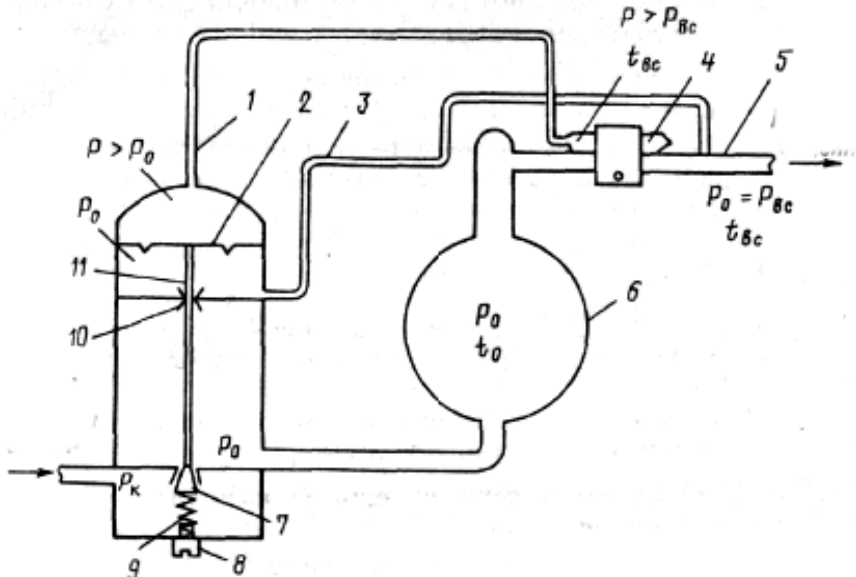


Рис. 8. Принципова схема ТРВ: 1-капілярна трубка; 2-мембрана; 3-вирівнювальна трубка; 4-термо-балончик; 5-усмоктуючий трубопровід; 6-випарник; 7-клапан приладу; 8-гвинт регулювання перегріву; 9-пружина; 10-сальник; 11-шток.

Температура перегрітої пари вище за температуру кипіння. Цю ж температуру має і термобалончик, що заповнений парорідиною сумішшю, а не перегрітим паром, тиск у 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.

За відсутності перегріву, коли в усмоктувальному трубопро-

воді має місце волога пара, температура та тиск у випарнику, вусмоктувальному трубопроводі та термобалончику приладу однакові. Тиск на мембрану зверху та знизу однакові. Клапан ТРВ закритий зусиллям пружини.

При зменшенні подачі холодильного агента у випарник пар вусмоктувальному трубопроводі перегрівається. При цьому його 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 зупинці компресора клапан ТРВ закривається у зв'язку з тим, що перегрів пари при цьому відсутній.

Після вивчення приладів автоматики визначити основні робочі параметри приладів автоматики (згідно з таблицею 1).

Таблиця 1 – Основні робочі параметри приладів автоматики

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

4 Контрольні питання:

1. Опишіть призначення пристроїв автоматики.
2. У чому полягає принцип дії реле температури?
3. У чому полягає принцип дії реле тиску?
4. Принцип дії терморегулюючого вентиля?
5. Які ви знаєте методи регулювання приборів автоматики;?
6. Яка послідовність встановлення приладів на вимірювальний об'єкт?

5.Тестові завдання:

1.Захист від якого порушення роботи холодильної установки здійснює реле тиску?

- а) регулює тиск холодильного агента;
- б) перевищення тиску;
- в) регулює рівень холодильного агента у випарнику.

2.Яку функцію виконує ТРВ?

- а) регулює тиск холодильного агента;
- б) захищає компресор від гідравлічного удару;
- в) регулює рівень холодильного агента у випарнику.

3. Де закріплюється термочутливий патрон ТРВ?

- а) на вихідній трубі випарника;

- б) на стіні холодильної камери;
- в) на випарнику.

4. Фільтри встановлюються в...

- а) компресорі;
- б) усмоктувальній стороні компресора;
- в) між ресивером і ТРВ.

5. Терморегулювальний вентиль (ТРВ) холодильної машини призначений для:

- а) дроселювання холодильного агента;
- б) автоматичного регулювання заповнення випарника холодильним агентом, дроселювання холодильного агента;
- в) відкриває й закриває прохід холодильного агента у випарнику.

6. Чим здійснюється автоматичний захист від надмірного підвищення тиску нагнітання?

- а) датчиком низького тиску;
- б) датчиком високого тиску;
- в) датчиком температури.

6 Список рекомендованої 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. Курылев Е.С. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам / Е.С. Курылев, Н.А. Герасимов. – Л.: Машиностроение, 1971.-256 с.
4. Чумак И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумак, В.П. Чепурненко. –М.: Агропромиздат, 1991.-495 с.
5. Якшаров Б.П. Справочник механика по холодильным установкам / Б.П. Якшаров, И.С. Смирнова. – Л.: Агропромиздат, 1989.- 312 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

Тема: Визначення коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи

Мета роботи: визначення коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи kF залежно від температури огороження.

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи;

- ознайомитись з принципом дії, будовою холодильної шафи;
- розглянути будову холодильної шафи на прикладі лабораторної установки і описати її схему;

- виміряти температуру зовнішнього повітря і потужність термоелектронагрівача холодильної шафи

- виконати розрахунки коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи і обробити результати експерименту;

- заповнити протокол спостережень

- зробити висновки по роботі;

- оформити звіт з лабораторної роботи;

- відповісти на контрольні запитання і тестові завдання;

- зарахувати лабораторну роботу у викладача.

2 Завдання для самостійної роботи

Під час підготовки до роботи за рекомендованою літературою вивчити класифікацію, призначення та область використання холодильних шаф. Опрацювати конспект лекцій.

3 Загальні відомості

Способи передачі теплоти

Усі процеси, що збігають у часі і просторі, зв'язані з явищами переносу енергії і маси. Процеси переносу теплоти і маси, що відбуваються 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 ха-

рактеристики 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 в 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 в опалювальному приладі навколишньому повітрю у приміщенні. Процес передачі теплоти від однієї рідини до іншої, що мають різну температуру, через розділяючу їх стінку називається теплопередачею.

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 уздовж 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 , рис. 1). Найбільш різка зміна температури має місце в напрямку нормалі *п*до ізотермічної поверхні.

Зміна температури в напрямку нормалі до ізотермічної поверхні характеризується градієнтом температури. Градієнтом темпера-

тури є вектор, спрямований по нормалі до ізотермічної поверхні вбік зростання температури і чисельно рівний похідній температури за цим напрямом (рис. 1):

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

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

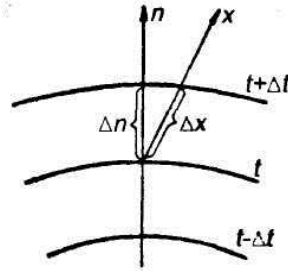


Рис.1. До визначення температурного градієнта

Градієнт температури з від'ємним знаком, тобто спрямований убік 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 по поверхні F щільність теплового потоку. Зв'язок між ними визначається співвідношенням

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

де q_n і q - відповідно, локальна і середня по поверхні F щільність теплового потоку.

Тепло може виділятися внаслідок наявності внутрішніх джерел теплоти, що характеризуються щільністю об'ємного тепловиді-

лення q_v , Вт/м³. Якщо величина q_v позитивна, то говорять, що в тілі є позитивні джерела тепла. При від'ємних значеннях q_v негативні джерела (або стоки) тепла.

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 градієнту

тові $\frac{\partial t}{\partial n}$, 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:

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

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 убик спадання температури, а вектор $\vec{grad} t$ за визначенням – убик 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 Вт/(м·К)) звичайно застосовувані для теплової ізоляції, називаються теплоізоляційними.

4 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

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 (рис. 2).

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.

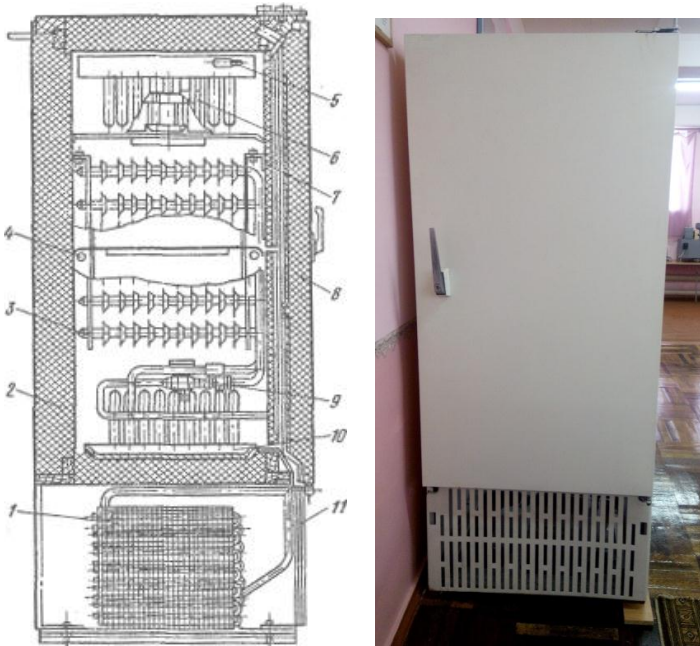


Рис. 2. Схема і фотографія холодильної шафи ШХН-1-0,8

Температура повітря всередині холодильної шафи вимірюється за допомогою екранованих термопар, що розміщені згідно зі схемою, наведеною на рис. 3.

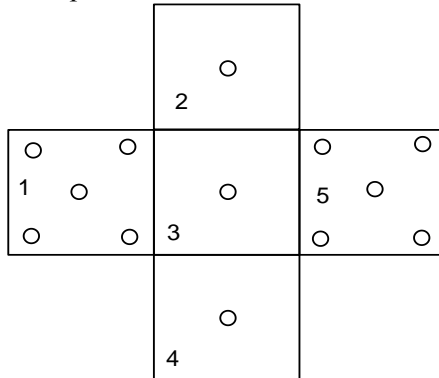


Рис. 3. Схема розміщення термопар на огорожі холодильної шафи: 1 – ліва стінка; 2 – стеля; 3- задня стінка; 4 – дно; 5 – права стінка

5 Методика проведення роботи

1. Перед проведенням лабораторної роботи ознайомитися з конструкцією холодильної шафи, а також з особливостями розміщення термопар.

2. Після перевірки схеми підключення термоелектронагрівача увімкнути його в мережу за допомогою вимірювального комплексу К-50.

3. Після встановлення стаціонарного режиму виміряти температуру всередині холодильної шафи (t_B) на кожній з термопар; виміряти температуру зовнішнього повітря і потужність термоелектронагрівача.

4. Дані занести до таблиці 1.

Таблиця.1 – Протокол спостережень

№	N, Вт	$t_3,$ $^{\circ}\text{C}$	Температура термопар, $^{\circ}\text{C}$															
			t_{B1}	t_{B2}	t_{B3}	t_{B4}	t_{B5}	t_{B6}	t_{B7}	t_{B8}	t_{B9}	t_{B10}	t_{B11}	t_{B12}	t_{B13}			

6 Обробка результатів експерименту

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

Коефіцієнт теплопровідності холодильної шафи

$$kF = \frac{N}{|t_3 - \bar{t}_{BH}|}, \quad (1)$$

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

ні холодильної шафи;

t_3 - зовнішня температура;

n - кількість термопар.

Температура огорожі

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

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

5 Контрольні питання:

- 1) призначення та будова холодильної шафи;
- 2) визначення коефіцієнта теплопровідності;
- 3) тип термопар та особливості їх розміщення;
- 4) конструкція термоізоляції холодильної шафи.

6 Тестові завдання:

1) Процес переносу тепла при безпосередньому контакті тіл (або частин одного тіла), що мають різні температури це:

- а) теплопровідність;
- б) теплове випромінювання;
- в) конвекція.

2) Процес переносу теплоти в просторі за допомогою електромагнітних хвиль це ...

- а) теплопровідність;
- б) конвекція;
- в) теплове випромінювання.

3) Процес переносу теплоти при переміщенні макрооб'єктів рідини або газу у просторі з області з одною температурою в область з іншою це:

- а) конвекція;
- б) теплопровідність;
- в) теплове випромінювання.

4) Які одиниці виміру коефіцієнту теплопровідності?

- а) Вт/м³;
- б) Вт/(м·К);
- в) Вт/м².

5) Для більшості металів з підвищенням температури теплопровідність

- а) зменшується;
- б) збільшується;
- в) залишається незмінною.

б) Для газів з підвищенням температури теплопровідність

- а) збільшується;
- б) залишається незмінною;
- в) зменшується.

Список рекомендованої 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. Курылев Е.С. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам / Е.С. Курылев, Н.А. Герасимов. – Л.: Машиностроение, 1971.-256 с.
4. 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.
5. Главацкая В.И. Механическое и холодильное оборудование предприятий общественного питания: Учебник для технол. отделений 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.
6. Чумак И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумак, В.П. Чепурненко. – М.: Агропромиздат, 1991.-495 с.10
7. Якшаров Б.П. Справочник механика по холодильным установкам / Б.П. Якшаров, И.С. Смирнова. – Л.: Агропромиздат, 1989.- 312 с.
8. Якобсон В.Б. Малые холодильные машины / В.Б. Якобсон. – М.: Пищевая промышленность, 1977.-368 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

Тема: Експериментальне дослідження виробництва льоду за допомогою льодогенератора.

Мета: вивчити пристрій і принцип роботи льодогенератора; експериментальним шляхом встановити продуктивність льодогенератора ЛТ-50 і розрахункове теплове навантаження на холодильну установку, термін заморозки та швидкість процесу; побудувати цикл роботи холодильної установки на діаграмі $lgP-i$; визначити розрахункову потужність компресора.

Час виконання роботи: 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- вивчити загальні питання щодо процесу затвердіння та плавлення;
- вивчити класифікацію льодогенераторів;
- вивчити закономірності виробництва харчового льоду високої якості;
- вивчити теоретичні основи процесів затвердіння та плавлення;
- вивчити теоретичні основи процесу охолодження льодом;
- вивчити будову та принцип дії льодогенератора ЛТ-50;
- провести експериментальні дослідження виробництва льоду на льодогенераторі;
- розрахувати основні параметри процесу виробництва льоду;
- побудувати графік залежності продуктивності льодогенератора від температури води, що надходить.

2 Завдання для самостійної роботи

- У процесі підготовки до заняття студент повинен вивчити:
- а) існуючі способи охолодження продукції сільського господарства;
 - б) термодинамічні процеси в холодильних апаратах;
 - в) конструктивні особливості холодильних машин;
 - г) галузі використання льоду для охолодження харчової продукції.

3 Загальні відомості

У природі і техніці часто відбуваються процеси переходу речовин з рідкого стану в твердий або з твердого в рідкий.

Затвердінням називається процес переходу речовини з рідкого стану в твердий, що йде з виділенням теплоти фазового переходу. Якщо тверда фаза, що утворилася при цьому, має кристалічну структуру, то процес називають **кристалізацією**.

Перехід речовини з твердого стану в рідкий, що відбувається з поглинанням теплоти фазового переходу, називається **плавленням**. Часто процес затвердіння (кристалізації) чистої води або води, що міститься у вологих матеріалах, називають **заморожуванням**, а плавлення - **відтаванням**. Процеси затвердіння і плавлення знаходять широке застосування у хімічній і харчовій технологіях, ливарній справі, будівельній техніці і т.п. Виробництво харчового водного льоду, опріснення морської води і концентрування соків заморожуванням, заморожування і відтавання харчових продуктів, підмороження ґрунтів для підвищення їх несучої здатності або відтавання вічної мерзлоти, застосування поперемінного плавлення і затвердіння для акумуляції холоду або підтримки постійної температури в термостатах - такий далеко не повний перелік виробничих процесів, фізичним змістом яких є затвердіння або плавлення.

Льодогенератор призначений для отримання харчового льоду або заморожених напоїв у вигляді гранул. Для отримання холоду в льодогенераторах використовують холодильні машини, в яких застосовують зворотний круговий термодинамічний цикл, що складається з процесів стиснення газу, конденсації і випаровування.

Згідно з другим законом термодинаміки охолодження до температур нижче температури навколишнього середовища, яке пов'язане з перенесенням теплоти з нижчого температурного рівня на вищий, можливо тільки при витраті енергії. Таке перенесення теплоти здійснюється за зворотним циклом Карно.

Енергетичний баланс прямого циклу Карно виражається рівнянням

$$Q=L+Q_0, \quad (1)$$

згідно з яким при переході теплоти від більш високого температурного рівня T на більш низький температурний рівень T_0 здійснюється робота L і на низькому температурному рівні зберігається теплота Q_0 .

Робоче тіло (рис. 1а) при підведенні до нього теплоти q розширюється по ізотермі 1-2, здійснюючи корисну роботу l при максимально можливому ККД. Подальше розширення робочого тіла відбу-

вається за рахунок внутрішньої енергії по адиабаті 2-3. Збільшення обсягу робочого тіла викликає переміщення поршня зліва направо. Потім від робочого тіла відводиться теплота q_o , що веде до зменшення обсягу в ізотермічному процесі 3-4. Далі тіло стискається в адиабатичному процесі 4-1. Зменшення обсягу робочого тіла викликає переміщення поршня справа наліво.

Корисна питома робота, отримана в циклі в результаті затрати теплоти q , пропорційна площі криволінійного чотирикутника 1-2-3-4 і дорівнює

$$l = q - q_o \quad (2)$$

Якщо теплоту q_o підводити в ізотермічному процесі випаровування робочого тіла 4-3 (рисунок 1б), а теплоту q відводити в ізотермічному процесі конденсації 2-1, здійсниться зворотний цикл Карно.

Холодильну машину можна розглядати як такий тепловий насос, що перекачує теплоту від джерела з низькою температурою до джерела з більш високою температурою.

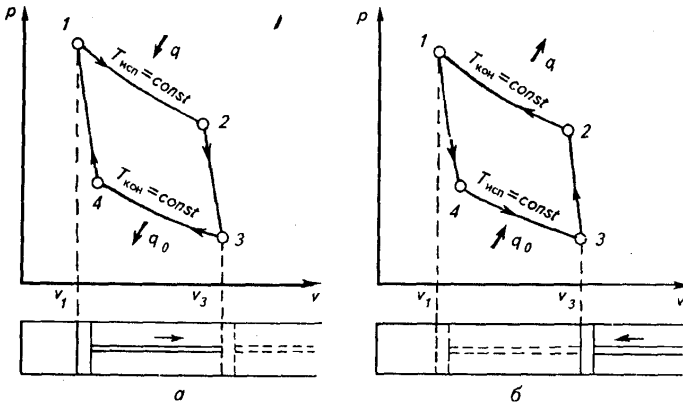


Рис. 1. Цикл Карно

На відміну від прямого циклу Карно, де була здійснена робота l за рахунок підведення теплоти q , в зворотному циклі все відбувається навпаки. Теплота q відводиться, якщо на це витрачається робота l в процесах стиснення 3-2 і 2-1:

$$q = q_o + l, \quad (3)$$

де q_o - питома холодопродуктивність (кількість теплоти, що відбирається від охолоджуваного середовища 1 кг робочого тіла), Дж/кг.

Будь-яка парова холодильна машина повинна мати чотири

основні частини: *випарник*, що відбирає теплоту з охолоджуваного приміщення; *конденсатор*, який віддає теплоту в навколишнє середовище; *компресор*, що засмоктує пари холодоагенту і стискає їх; *регулюючий вентиль*, що забезпечує підтримку різниці тиску в конденсаторі і випарнику.

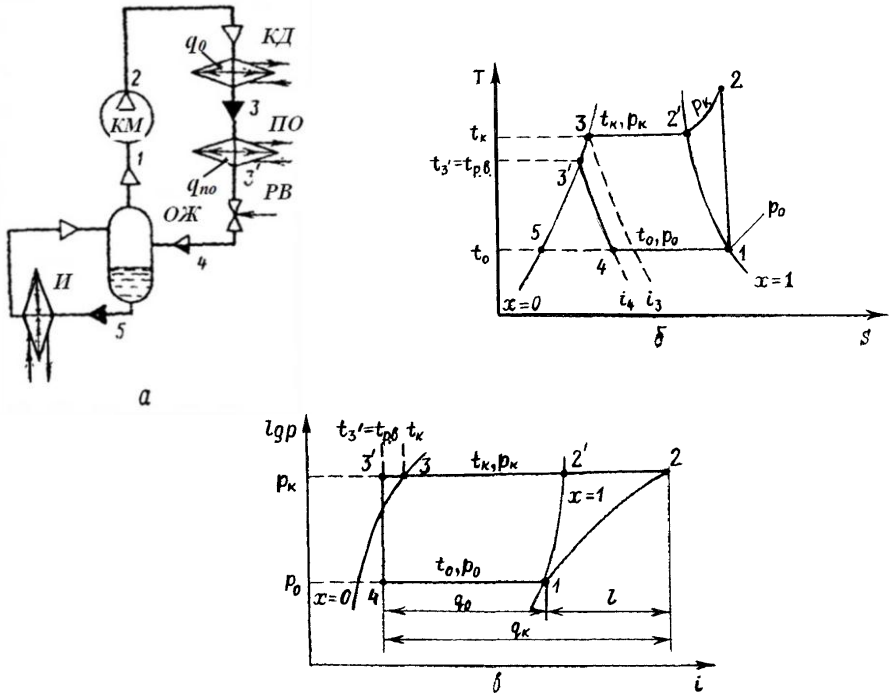


Рис. 2. Одноступінчаста холодильна машина, що працює по теоретичномуциклу: *a* – принципова схема; *б* – побудова циклу в діаграмі $s-T$; *в* – побудова циклу в діаграмі $lgP-i$; *И* – випаровувач; *ОЖ* – відокремлювач рідини; *КМ* – компресор; *КД* – конденсатор; *ПО* – переохолоджувач; *РВ* – регулюючий вентиль.

Принципова схема і теоретичний цикл одноступінчастої парової холодильної машини в діаграмах $s-T$ і $lgP-i$ наведені на рис. 2. На принциповій схемі машини (рис. 2а) цифрами 1, 2, 3, 3', 4 і 5 відзначені стани холодильного агента, які відповідають точкам теоретичного циклу, побудованого в діаграмах, а буквами - умовні позначення обладнання, що входить до складу машини.

Для побудови циклу в діаграмі $s-T$ або $lgP-i$ необхідно знати температури в його характерних точках: кипіння t_0 , конденсації t_k і перед регулюючим вентилем $t_{p.в.}$.

4 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

- 1) Льодогенератор
- 2) Потенціометр з термopарами
- 3) Ваги
- 4) Штангенциркуль.

Лабораторна установка складається з власне льодогенератора, систем подачі водопровідної води і відведення її у каналізацію.

Льодогенератор торговий марки ЛГ-50 являє собою автоматичний пристрій, призначений для отримання харчового льоду однакової форми.

Конструкція льодогенератора (рис. 3, 4) складається з декількох взаємопов'язаних вузлів, що забезпечують його функціональне призначення. Корпус складається з прямокутного металевого піддону 1, в чотирьох кутах якого розташовані регульовані по висоті ніжки 2. До піддону кріпляться дві зовнішні боковини 3, на яких кріпиться задня стінка 4. Зверху встановлена теплоізольована кришка 5. З передньої сторони розташовані теплоізольована кришка 6 бункера для зберігання льоду і легкознімна решітка 7, на якій є жалюзі. Боковини мають технологічні люки 8. Всередині корпусу, в нижній його частині знаходиться машинне відділення, у якому розташовуються: холодильний агрегат 9, прикріплений до піддону, і пульт управління.

Зверху, над машинним відділенням, знаходиться льодопріготувальне відділення, яке складається з теплоізольованого бункера 10 для зберігання льоду, що представляє собою прямокутний короб, зварений із нержавіючої сталі.

У верхній частині бункера встановлений чутливий елемент терморегулятора заповнення бункера льодом.

Над бункером розташована ванна 11 для зберігання запасу питної води, що йде на приготування льоду. У лівій частині ванни встановлений електронасос 12, усмоктувальний патрубок якого знаходиться у ванні з водою.

Вище дна ванни по її поздовжній осі встановлений зрошувач, що представляє собою профільовану трубку з прорізами (форсунками) для створення фонтанів води; зрошувач з'єднаний з нагнітальним патрубком електронасоса гумовою трубкою.

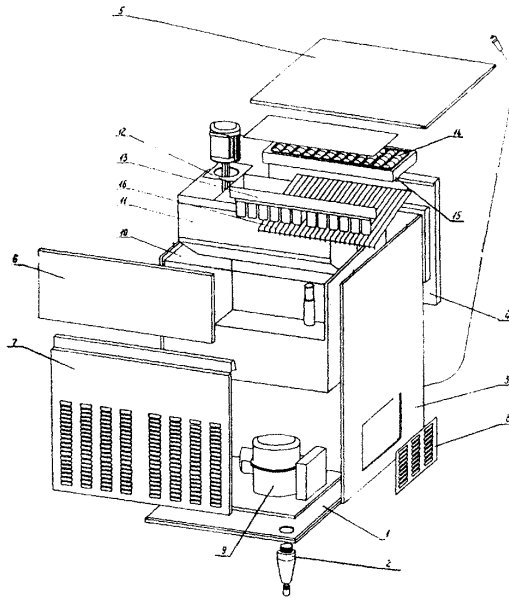


Рис. 3. Конструкція льодогенератора

1 - піддон; 2 - ніжки; 3 - боковини; 4 - стінка задня; 5, 6 - кришка; 7 - решітка; 8 - люк; 9 - холодильний агрегат; 10 - бункер; 11, 15 - ванна; 12 - електронасос; 13 - шторка; 14 - випарник; 16 - приймальна решітка.

Для запобігання попадання струменів води від зрошувача в ванну збору льоду встановлена захисна шторка 13.

Над зрошувачем встановлений випарник 14, який складається з полімерної пластини прямокутної форми, з одного боку якої знаходяться щільно вставлені в неї робочі органи випарника - порожнисті мідні пальці, звернені до зрошувача, а з іншого, зверху, знаходяться хладонові комунікації, що з'єднують торці цих пальців так, що холодоагент, циркулюючи в системі, послідовно проходить через усі 56 пальців. Усередині пальців встановлена вертикальна перегородка із забезпеченням проходу холодоагента.

Верхня частина випарника з чотирьох боків облямована бортиками таким чином, що утворюється ванна, в яку подається підігріта вода для нагріву пальців, у результаті чого відбувається відтавання льоду. У протилежному місці від подачі підігрітої води знаходиться отвір для зливу води, що остигнула у ванні. Під випарником встановлена приймальна решітка 16.



Рис. 4. Фотографія загального вигляду льодогенератора

У водяній комунікації, що підводить, розташованій поза межами льодогенератора, встановлений фільтр тонкого очищення води і водяний редуктор з манометром для регулювання тиску водопровідної води, яка подається у льодогенератор.

Функціональна схема льодогенератора приведена на рисунку 5. Льодогенератор працює наступним чином. Натисканням на кнопку «Робота», розташовану на пульті управління, одночасно включається компресор 1 холодильного агрегату і водяний електронасос 3, в результаті чого у випарник 9 починає надходити холодоагент, а вода з труби 2 і форсунок зрошувача 12 починає омивати робочі поверхні пальців випарника.

Лід утворюється на пальцях випарника у результаті намерзання шарів води, що рухається рівномірним безперервним потоком. Вода, що не встигла намерзнути, стікає у ванну 13, а звідти знову подається електронасосом у зрошувач.

У процесі роботи холодильного агрегату гарячі пари холодоагенту нагрівають у спеціальному теплообміннику 15 питну воду, що надходить з водопроводу.

Термодатчик 6 пульта управління контролює у процесі наморозування льоду температуру в випарнику в точці Б. При досягненні заданої температури (від мінус 6 до мінус 12 ° С) вмикається реле часу, розташоване в пульті управління, яке через 13 хвилин вимикає холодильний агрегат і водяний насос і включає соленоїдний клапан 1.

Клапан відкривається, і підігріта в теплообміннику вода по трубці витісняється новою порцією холодної води, що надходить під тиском з водопроводу в ванну випарника 7, де нагріває виступаючі торці пальців і за рахунок високої теплопровідності міді відбувається нагрів тіла пальців і відтавання намороженого льоду на кожному з пальців. Шматки льоду, що зійшли з пальців, падають на похилу решітку і зісковзують у бункер для збору і зберігання льоду.

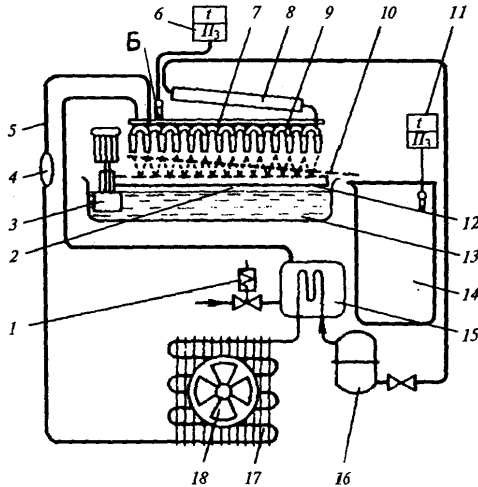


Рис. 5. Принципова схема льодогенератора

1 - соленоїдний клапан; 2 - зрошувальна трубка; 3 - насос; 4 - фільтр-осушувач; 5 - капілярна трубка; 6 - реле температури; 7 - ванна випарника; 8 - відокремлювач; 9 - випарник; 10 - похила решітка; 11 - реле температури; 12 - форсунки; 13 - ванна з водою; 14 - бункер; 15 - теплообмінник; 16 - компресор; 17 - конденсатор; 18 - вентилятор.

Вода з ванни 7 стікає через калібрований дренажний отвір у ванну 13 з водою і використовується для поповнення втрат води, витраченої на утворення льоду. У вихідному положенні в ванну заливається близько 11,5 літрів питної води. Для запобігання переповнення ванни в ній встановлюється переливний патрубков.

Після двохвилинного відтавання по команді пульта управління соленоїдний клапан закривається і знову автоматично включаються холодильний агрегат і водяний електронасос. Починається новий цикл роботи.

Наповнення бункера льодом відбувається до тих пір, поки не

відбудеться зіткнення льоду з чутливою частиною датчика-терморегулятора заповнення бункера. При зануренні чутливої частини датчика в лід льодогенератор автоматично вимикається, а при витрачанні частини льоду і звільненні від нього чутливої частини терморегулятора льодогенератор знову автоматично включається.

Холодильна система льодогенератора забезпечує отримання необхідної кількості холоду при циркуляції у системі холодоагента (хладон 12). У вихідному положенні, при відкритих всмоктуючих і нагнітальних штуцерах, система заповнюється парами і рідким холодоагентом. При включенні компресора 16 відбувається усмоктування і стиснення парів і виштовхування їх у нагнітальну магістраль. Нагріті від стиснення пари потрапляють у теплообмінник 15, де, пройшовши по змійовику, віддають частину свого тепла навколишній воді. У результаті цього температура парів знижується, а температура води підвищується (в подальшому ця вода використовується для відтавання готового замороженого льоду), потім пари надходять у конденсатор 17, де відбувається подальше охолодження парів до перетворення їх в рідкий стан. Рідкий холодоагент надходить у капілярну трубку 5, яка виконує роль дроселюючого пристрою, і, пройшовши її, потрапляє у розширювальну частину випарника 9, де кипить, проходячи послідовно по порожнистим пальцях, омиваним зовні водою.

Пройшовши випарник, холодоагент докипає у вторинному випарнику і, повністю перейшовши в пароподібний стан, по всмоктувальній трубці потрапляє в компресор, і цикл знову повторюється.

Під час роботи холодильної машини гаряча пара холодоагента, стиснена компресором, підігріває воду в теплообміннику. Рідкий холодоагент відділяється в відокремлювачі 8.

5 Методика проведення роботи

1. Вивчіть будову та принцип роботи льодогенератора. Переконайтеся, що вилка льодогенератора вимкнена з мережі.

2. Зніміть верхню кришку 5 (див. рис. 3). Визначте розміри ванни: довжину l (м), ширину b (м), висоту h (м). Підрахуйте кількість пальців випарника n , визначте їх діаметр d (м).

3. Прикріпіть термopари потенціометра до поверхонь теплообмінних апаратів льодогенератора: першу - до трубопроводу підведення парів фреону до компресора, другу - до трубопроводу відведення стиснених парів фреону від компресора, третю - до поверхні компресора, четверту - на трубопроводі перед теплорегулюючим вентилем, п'яту - після терморегулюючого вентиля, шосту - в ванні.

Відкрийте вентиль подачі води з водопроводу. Увімкніть потенціометр і льодогенератор. Дані внесіть у таблицю 1.

4. Відкрийте кришку льодогенератора і штангенциркулем виміряйте зовнішній діаметр гранули льоду d_z (м). Закрийте кришку.

5. Всі гранули льоду, отримані за цикл, помістіть у піддон і визначте їх масу G_z (кг).

6. Протягом циклу визначте за допомогою потенціометра температуру на поверхнях теплообмінних апаратів холодильного агрегату, початкову температуру води t_e (°C) і кінцеву середню температуру гранули льоду t_z (°C). Заміри зробіть протягом 2-3 циклів. Результати внесіть в таблицю 1.2.

7. Вимкніть льодогенератор і потенціометр, від'єднайте штепсельний роз'єм, закрийте вентиль подачі води. Ретельно приберіть робоче місце.

6 Обробка результатів експерименту

Таблиця 1 – Протокол вимірювань

Довжина ванни, м	l	
Ширина ванни, м	b	
Висота ванни, м	h	
Кількість пальців	n	
Середній діаметр пальців, м	d	
Висота пальця, м	h_n	

Середня маса гранул льоду, отриманих за один цикл, кг:

$$G_z = \frac{G_{z1} + G_{z2} + G_{z3}}{3}, \quad (4)$$

де G_{z1} , G_{z2} , G_{z3} - маси гранул льоду, одержуваних за цикли, кг.

Фактична продуктивність льодогенератора, кг/год:

$$P = \frac{3600G_z}{T} \quad (5)$$

Теплове навантаження Q на холодильну установку льодогенератора, кВт:

$$Q = Q_g + Q_m + Q_o, \quad (6)$$

де Q_g - теплопритоки від води при її охолодженні, заморожуванні і охолодженні гранул льоду до кінцевої температури, кВт;

Q_m - теплопритоки від металоконструкцій, отеплюваних при відтаванні льоду і охолоджуваних при заморожуванні, кВт;

Q_o - теплопритоки від навколишнього середовища через огорожувальні конструкції льодогенератора, кВт.

Таблиця 2 – Протокол випробувань

Час наморожування гранул, с	τ_n	
Час відтавання гранул, с	τ_o	
Час повного циклу, с	T	
Зовнішній діаметр гранули, м	d_2	
Маса гранул льоду, отримуваних за цикл, кг	G_1	
	G_2	
Температура, °С:		
– випарення фреону	t_o	
– перед усмоктувальним вентиляем	t_1	
– після компресора	t_2	
– конденсації	t_k	
– перед терморегулюючим вентиляем	$t_{p.6}$	
– нагріву випарника при відтаванні гранул	t_{om}	
– води початкова	t_6	
– гранул середня	t_c	

Теплопритоки від води

$$Q_6 = \frac{G_n(c_w t_w + r - c_l t_c)}{\tau_n}, \quad (7)$$

де c_w - питома теплоємність води, кДж/(кг·К) ($c_w=4,186$ кДж/(кг·К));

r - питома теплота фазового переходу, кДж/кг ($r = 335,2$ кДж /кг);

c_l - питома теплоємність льоду, кДж / (кг·К) ($c_l = 2,1$ кДж / (кг·К));

t_c - середня температура гранул льоду, °С.

Маса льоду G_n , одержуваного за цикл роботи льодогенератора:

$$G_n = G_2(1+y), \quad (8)$$

де y - масова частка льоду, яка відтаяла при звільненні пальців:

$$y = \frac{(d + 2\delta)^2 - d^2}{d_c^2 - d^2}, \quad (9)$$

де δ - товщина підталого шару льоду, м ($\delta = 1 \cdot 10^{-3}$ м);

d_2 - зовнішній діаметр гранул льоду, м.

Теплопритоки від металокопструкцій

$$Q_m = \frac{G_m - c_m(t_{om} - |t_o|)}{\tau_m}, \quad (10)$$

де G_m - маса металокопструкцій, які отеплюються при відтанні льоду і охолоджуваних при заморожуванні, кг ($G_m = 0,6$ кг);

c_m - питома теплоємність матеріалу випарника, кДж/(кг·К) ($c_m = 0,682$ кДж/(кг·К));

t_{om} - температура нагріву випарника при розморожуванні, °С.

Теплопритоки від навколишнього середовища

$$Q_o = 0,15Q_e \quad (11)$$

За відомими значеннями температур t_k , $t_{p.в.}$, t_o , t_1 побудуйте цикл роботи холодильної установки на $lgP-i$ діаграмі. Визначте тепловміст (кДж/кг) холодильного агента в характерних точках i_1 , i_2 , i_3 , i_4 і розрахуйте основні параметри циклу.

Питома холодильна потужність q_o , кДж/кг:

$$q_o = i_1 - i_4 \quad (12)$$

Питома робота компресора A_o , кДж/кг:

$$A_o = i_2 - i_1 \quad (13)$$

Питома теплота конденсації q_k , кДж/кг:

$$q_k = i_2 - i_3 \quad (14)$$

Холодильний коефіцієнт ε

$$\varepsilon = \frac{q_o}{A_o} \quad (15)$$

Маса холодильного агента, що циркулює у системі, G , кг/с:

$$G = \frac{1,03Q}{q_o} \quad (16)$$

Теоретична потужність компресора N_T , кВт:

$$N_T = GA_o \quad (17)$$

Розрахункова потужність компресора N_e , кВт:

$$N_e = \frac{N_T}{\eta_i \eta_m} \quad (18)$$

де η_i - індикаторний коефіцієнт ($\eta_i = 0,87$);

η_m - механічний ККД ($\eta_m = 0,9$).

Порівняйте розрахункову і фактичну потужності компресора, в разі розбіжності зробіть висновки.

7 Контрольні питання

1. Які ще типи льодогенераторів ви знаєте, їх конструктивні особливості, принцип дії?
2. З яких основних елементів складається холодильна система льодогенератора? Поясніть її роботу.
3. Яка особливість термодинамічних циклів, що здійснюються в холодильних машинах?
4. Яка роль регулюючого вентиля?

8 Тестові завдання

1. Процес переходу речовини з рідкого стану в твердий, що йде з виділенням теплоти фазового переходу, називається

- а) охолодження;
- б) відтавання;
- в) дефростації;
- г) затвердіння.

2. Перехід речовини з твердого стану в рідкий, що відбувається з поглинанням теплоти фазового переходу, називається

- а) плавлення;
- б) кристалізація;
- в) сублімація;
- г) заморожування.

3. Процес переходу речовини з рідкого стану в твердий з утворенням при цьому твердої фази у вигляді кристалічної структури

- а) плавлення;
- б) сублімація;
- в) кристалізація;
- г) дефростація.

4. Холодильні машини працюють за термодинамічним:

- а) зворотним циклом;
- б) циклом Карно;
- в) прямим циклом;
- г) циклом Ренкіна.

5. Парова холодильна машина повинна мати чотири основні частини:

- а) випарник, електронасос, конденсатор, реле;
- б) компресор, вентилятор, випарник, парогенератор;
- в) конденсатор, теплообмінник, електродвигун, насос;
- г) випарник, конденсатор, компресор, регулюючий вентиль.

6. У формулі енергетичного балансу прямого циклу Карно, який виражається рівнянням $Q=L+Q_0$, літерою «L» позначається:

- а) теплота;
- б) холодопродуктивність;
- в) робота;
- г) температура.

9 Список рекомендованої 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. Чумак И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумак, В.П. Чепурненко. – М.: Агропромиздат, 1991.-495 с.136
4. Якобсон В.Б. Малые холодильные машины / В.Б. Якобсон. – М.: Пищевая промышленность, 1977.-368 с.
5. Баскаков А.П. Теплотехника / А.П. Баскаков и др.. – М.: Энергоиздат, 1982. – 262 с.
6. Бондарев В.А. Теплотехника / В.А. Бондарев и др.. – Минск: Высшая школа, 1976. – 380 с.
7. Драганов Б.Х. Теплотехніка / Б.Х. Драганов. – Київ: Фірма «ІНКІОС», 2005. – 400с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Тема: Дослідження фризерів періодичної дії для виробництва морозива

Мета роботи: отримання знання по призначенню, будові, роботі, регулюванні та розрахунків фризерів для виробництва морозива.

Час виконання роботи: 4 год

1 Порядок виконання роботи

1) Відповісти на питання викладача, одержати допуск до роботи (студенти повинні пройти інструктаж з техніки безпеки з відповідним записом у журналі інструктажу з техніки безпеки на робочому місці);

2) Вивчити призначення, будову, принцип роботи, основні характеристики і правила використання;

3) Вивчити класифікацію машин для виробництва морозива;

2) Скласти технологічну схему виробництва морозива;

3) Вивчити будову та принцип дії фризерів;

4) Виконати розрахунок фризера періодичної дії.

5) Ознайомитись з правилами техніки безпеки при експлуатації обладнання.

2 Завдання для самостійної роботи

Під час підготовки до роботи за рекомендованою літературою вивчити:

1) Технологію виробництва морозива;

2) Фізико-технологічні основи процесу виробництва морозива;

3) Технологічні вимоги до сировини, готової продукції і обладнання при виробництві морозива.

3 Загальні відомості

Фризер є основною машиною у виробництві морозива.

За принципом дії розрізняють два основних види фризерів: періодичної дії (ФПД) і безперервної дії (ФБД).

В апаратах ФПД усі операції - наповнення фризера сумішшю, фризерування й випуск морозива - здійснюються послідовно одна за одною; у фризерах ФБД - безупинно й одночасно.

Залежно від системи охолодження фризери бувають із ропним або безпосереднім охолодженням. У фризерах з ропним охолодженням використовується циркулюючий у сорочці фризера розсіл

(звичайно хлористий кальцій), охолоджуваний у випарнику холодильної машини.

Принцип дії фризерів з безпосереднім охолодженням заснований на кипінні холодильного агента (найчастіше аміаку, у деяких конструкціях - фреону або хлорметила). Обидві системи охолодження можуть бути застосовані у ФПД і ФБД. У наш час ропне охолодження використовують тільки у фризерах періодичної дії.

Фризери з безпосереднім охолодженням, у свою чергу, діляться на два види - із затопленою системою й із примусовою циркуляцією холодильного агента, причому циркуляція здійснюється за допомогою інжектора або насоса.

У фризерах періодичної дії (рис. 1) через вирву 1 у циліндр 3 заливається самопливом певна порція суміші (40-50% його повної ємності).

У циліндрі суміш перемішується мішалкою 4 і збивається. Циркулюючий у сорочці 5 розсіл або паркий холодильний агент прохолоджує суміш, що досягає криоскопічної температури, а потім при подальшому відводі тепла намерзає тонким шаром на стінці циліндра.

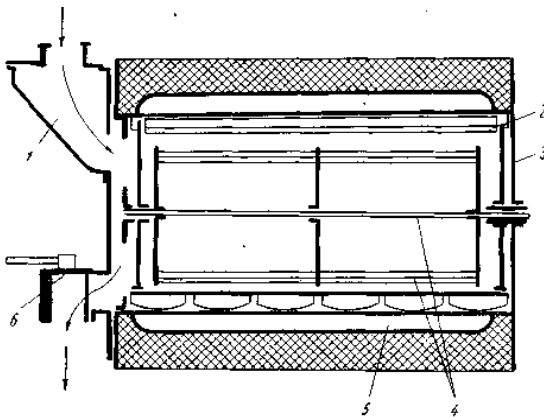


Рис. 1. Технологічна схема ФПД: 1 - вирва; 2 - ніж; 3 - циліндр; 4 - мішалка; 5 - сорочка; 6 - розвантажувальна засувка.

При обертанні мішалки шарнірно підвішені на ній ножі 2 притискаються відцентровою силою до стінки циліндра й зрізують з неї замерзлий шар. Оголююча при цьому теплопередаюча поверхня покривається новим шаром суміші, що також примерзає до стінки й

зрізується ножами. Для прискорення розвантаження циліндра в мішалці ФПД улаштовані гвинтові ребра, що направляють морозиво до виходу. Напору, створюваного цими ребрами, досить тільки на подолання опорів усередині циліндра й у розвантажувальній засувці. Тому розвантаження фризера періодичної дії, так само як і завантаження, відбувається самопливом.

У фризерах безперервної дії суміш і повітря подаються у циліндр за допомогою насосів. Процес заморожування у ФБД здійснюється принципово так само, як і у ФПД. І тут суміш намерзає на стінці циліндра й зрізується знеї ножами. Однак, на відміну від ФПД, у ФБД мішалка займає більшу частину ємності циліндра й корисна його ємність, тобто, одночасна ємність робочої камери, утвореної кільцевим зазором між мішалкою й стінкою циліндра, порівняно мала (2-4 л), що сприяє інтенсивності заморожування. Під тиском насосів, що безупинно подають суміш і повітря, отримане в циліндрі морозиво також безупинно витісняється з нього.

Якщо заморожування у ФПД і ФБД відбувається за тим самим принципом, то механізм другого елемента фризера - взбивання - у ФБД істотно відрізняється від ФПД.

У загальному процесі збільшення обсягу системи суміш - морозиво при фризераванні у ФБД можна розглядати три стадії - введення повітря у суміш, його упродовження, тобто перемішування й рівномірний розподіл повітряних пухирців у масі суміші й, нарешті, розширення повітряних пухирців при виході морозива із циліндра. Сутність останньої стадії зводиться до наступного. Суміш у циліндрі ФБД перебуває під тиском, що створюється примусовою подачею суміші й повітря в циліндр, зростанням в'язкості морозива в міру його замерзання, а також опором у шляхах проходження суміші й морозива; внаслідок цього повітряні пухирці в морозиві під час перебування його в циліндрі перебувають у стислому стані й по виходу морозива із циліндра розширюються, що збільшує обсяг морозива, а, отже, і його збитість.

За принципом здійснення першої стадії збивання ФБД діляться на два типи: з підсмоктуванням повітря й з нагнітанням. На рис. 2 показана технологічна схема фризера з підсмоктуванням повітря.

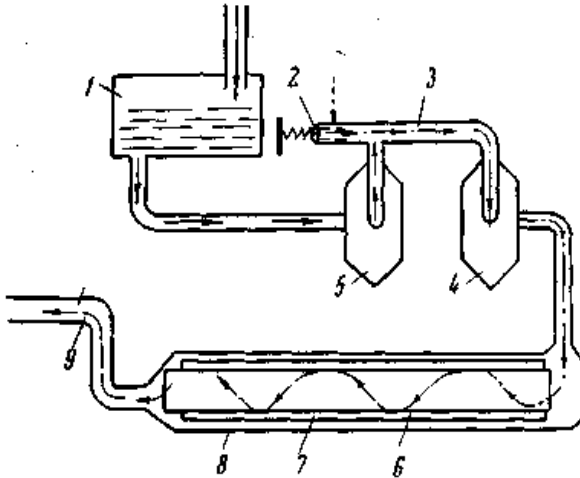


Рис. 2. Технологічна схема ФБДз підсмоктуванням повітря: 1 - прийомний бачок; 2 - повітряний клапан; 3 - сполучна лінія; 4 - насос другого ступеня; 5 - насос першого ступеня; 6 - мішалка; 7 - ніж; 8 - циліндр; 9 - випускний патрубок.

Суміш із прийомного бачка 1 надходить до насоса першого ступеня 5, який по сполучній лінії 3 подає її в насос другого ступеня 4. Насоси працюють із різним числом обертів: насос другого ступеня обертається утри із зайвим рази швидше, ніж насос першого ступеня. Насос другого ступеня, таким чином, має більшу продуктивність. Усмоктувальна лінія насоса 4 у той же час є нагнітальною лінією насоса 5, і живлення насос 4 одержує тільки з лінії 3; внаслідок цього між насосами створюється розрідження, і насос другого ступеня через вмонтований у лінії 3 повітряний клапан 2 підсмоктує повітря й перемішує його із сумішшю. Кількість усмоктуваного повітря регулюється за допомогою клапана 2. Насичена повітрям суміш подається насосом 4 під тиском у циліндр фризера 5 і попадає у робочу камеру між стінкою циліндра й мішалкою 6. Тут поряд з охолодженням і замерзанням суміші відбувається також остаточна виробка повітря.

Під тиском насоса другого ступеня, що безупинно подає у циліндр суміш, морозиво витісняється з циліндра й виходить через патрубок 9. Таким чином, у фризерах з підсмоктуванням повітря насос першого ступеня подає суміш, а насос другого ступеня засмоктує також повітря, робить первинне перемішування його із сумішшю, подає суміш із повітрям у циліндр, підтримує у циліндрі необхідний тиск і

витісняє морозиво із фризера.

Технологічна схема ФБД із нагнітанням повітря показана на рис. 3.

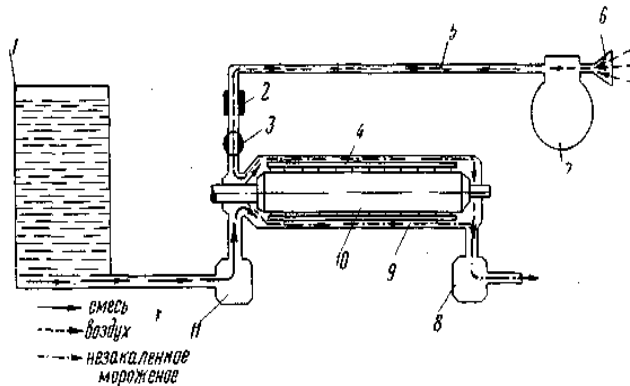


Рис. 3. Технологічна схема ФБД із нагнітанням повітря: 1 - прийомний бачок; 2 - повітряний вентиль; 3 - зворотний клапан; 4 - ніж; 5 - лінія подачі повітря; 6 - повітряний фільтр; 7 - повітряний компресор; 8 - насос для морозива; 9 - циліндр; 10 - мішалка; 11 - насос для суміші.

За цією схемою суміш надходить із танка або прийомного бачка 1 за допомогою насоса 11 безпосередньо в циліндр 9. Сюди ж через фільтр 6 повітряним компресором 7 по особливій лінії 5 нагнітається повітря. Первинне перемішування повітря із сумішшю і його упродовження здійснюються усамому циліндрі. Для видачі морозива із циліндра передбачений насос 8. У фризерах цього типу морозиво в циліндрі також перебуває під тиском і по виходу із фризера розширюється. Збитість регулюється зміною тиску повітря за допомогою повітряного вентиля 2. Потрапляння суміші в повітряну лінію запобігають за допомогою зворотного клапана 3. Таким чином, характерною рисою такого фризера є роздільна подача повітря й суміші в циліндр, а також відсмоктування морозива насосом, розташованим на виході із циліндра.

Холодильні схеми фризерів. На рис. 4 показана принципова схема фризера з ропним охолодженням. Розсіл подається насосом з випарника холодильної установки в сорочку фризера 3 і обмиває зовнішню поверхню циліндра 2. Розсіл, отеплений у результаті поглинання тепла від суміші, повертається у випарник для повторного охолодження, а

потім знову в сорочку. На вході й виході із сорочки ставляться запірні засувки 1.

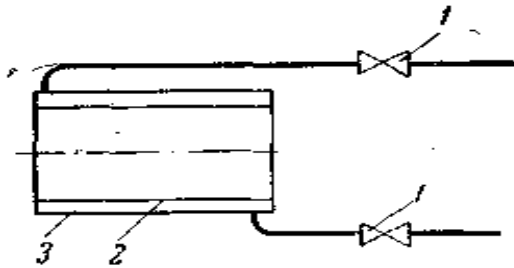


Рис. 4. Холодильна схема фризера з ропним охолодженням: 1 - запірні засувки; 2 - циліндр; 3 - сорочка фризера.

На рис. 5 представлена схема фризера безпосереднього охолодження із затопленою системою. Рідкий холодильний агент при тиску конденсації надходить через запірний вентиль 11 і поплавковий регулюючий вентиль (ПРВ) 9 у акумулятор 5. ПРВ виконує подвійну функцію: знижує тиск холодильного агента до тиску випару й підтримує постійний рівень в акумуляторі (приблизно половину його висоти). Рідина низького тиску з акумулятора зливається самопливом у сорочку 5, проходячи через масловіддільник 2. Цим досягається звільнення холодильного агента від масла й запобігас осадження масла на теплопередаючій поверхні. Крім того, оскільки масловіддільник розташований нижче сорочки, свіжа рідина надходить під рівень, чим забезпечується спокійне заповнення сорочки без розбризкування.

У сорочці холодильний агент випаровується й вологі пари, що утворюються, попадають у верхню частину акумулятора, що виконує функцію віддільника рідини. Під впливом відбійників 7 крапельки рідини осідають в акумуляторі й знову включаються в робочий цикл, а осушені пари йдуть в усмоктувальну лінію, пройшовши на своєму шляху через фільтр і ряд вентилів. Таким чином, у фризерах із затопленою системою сорочка завжди перебуває під затокою й живлення її здійснюється самопливом з розташованого вище акумулятора.

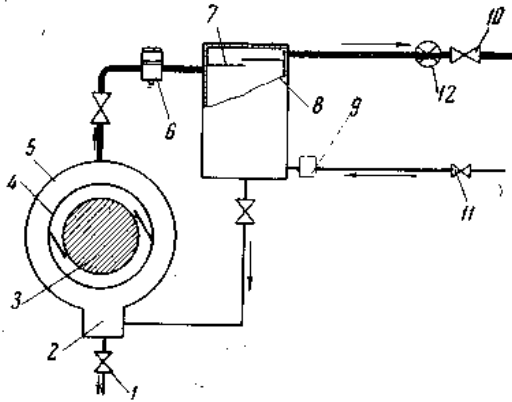


Рис. 5. Холодильна схема фризера із затопленою системою безпосереднього охолодження: 1- маслоспускний вентиль; 2 - маслорозподільник; 3 - мішалка; 4 - циліндр; 5 - сорочка; 6 - соленоїдний вентиль; 7 - відбійник; 8 - акумулятор; 9 - поплавковий регулюючий вентиль; 10 - газований запірний вентиль; 11 - запірний рідинний вентиль; 12 - бародроселюючий вентиль.

Фризер ФМ-1 періодичної дії (рис. 6) складається з корпусу, бака з дозатором, робочого циліндра, мішалки, холодильного агрегату і трубопроводу.

Корпус виконаний у вигляді звареної станини і знімних панелей, зверху - кришка. Робочий циліндр і бак мають теплоізоляцію і з'єднані трубопроводом. Привід мішалки містить у собі електродвигун і редуктор. Обертання мішалки здійснюється за допомогою клиноремінної передачі. Добірний пристрій служить для вивантаження готового продукту.

Холодильний агрегат, що включає у себе електродвигун, компресор і теплообмінник, з'єднаний системою трубопроводів з випарником, розташованим між стінками робочого циліндра.

Для збору крапель морозива використовується знімна ванночка, що виконує одночасно функцію столика-наповнювача стаканчиків. Для промивання і дезінфекції фризера передбачене часткове розбирання добірної пристрою і витягнення шнека мішалки. Усі деталі, що контактують з харчовими продуктами, виконані зі спеціальної нержавіючої сталі і полімерних матеріалів.

Фризер працює у двох режимах: готування морозива і промивання. Переключення режимів здійснюється тумблером.

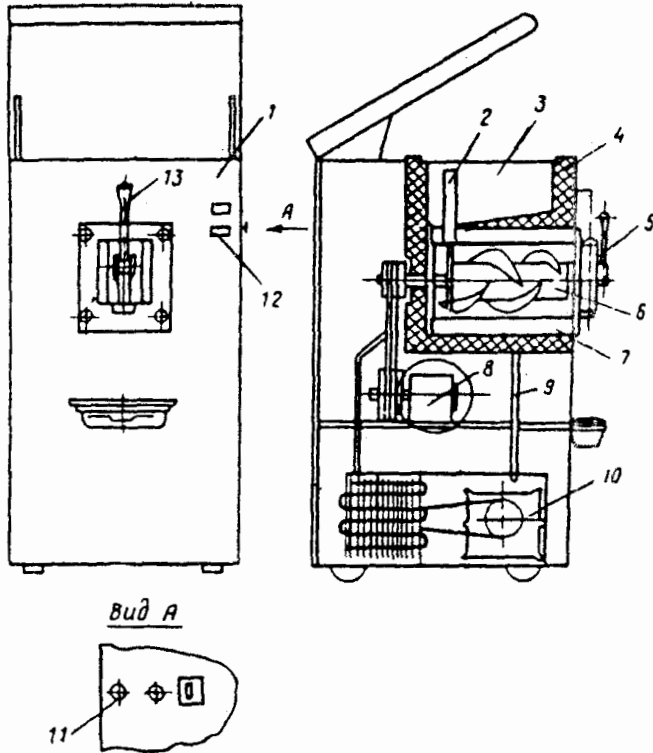


Рис. 6. Фризер ФМ-1: 1 – корпус; 2 – дозатор; 3 – бак; 4 – теплоізоляція; 5 – добірний пристрій; 6 – мішалка; 7 – робочий циліндр; 8 – привод мішалки; 9 – трубопровід; 10 – холодильний агрегат; 11 – терморегулятор; 12 – шкала; 13 – рукоятка.

У робочому режимі фризер працює у такий спосіб. Вихідна суміш, попередньо приготовлена і зціджена, заливається в бак, звідки через дозатор перетікає у робочий циліндр. За допомогою дозатора в циліндр надходить і повітря. У процесі роботи холодильного агрегату охолоджена суміш лопатями мішалки знімається з внутрішньої стінки робочого циліндра, інтенсивно перемішується з повітрям і збивається. При цьому обсяг суміші збільшується приблизно в два рази. При досягненні заданої температури ($-5 \dots -6^{\circ}\text{C}$), що встановлюється терморегулятором, холодильна система і мішалка відключаються. Поршень добірного пристрою переміщається рукояткою нагору і відкриває випускний отвір. Одночасно за допомогою штанги замикається мікроперемикач, що через реле часу увімкне двигун мішалки. У результаті обер-

тання останньої, порція морозива подається в стаканчик. У міру добору готового продукту в робочий циліндр надходить нова порція вихідної суміші і робочий цикл повторюється.



Рис. 7. Фотографія загального вигляду фризера для виробництва морозива

При цьому готування і добір морозива можуть йти одночасно. При перекладі рукоятки у верхнє положення поршень рухається униз, перекриваючи випускний отвір, але завдяки реле часу двигун мішалки продовжує працювати ще якийсь час (5...18с). Якщо в плині цього часу повторного добору готового продукту не виробляється, то двигун мішалки відключається. Використання реле часу забезпечує оптимальний режим роботи електродвигуна мішалки. При безперервному доборі морозива він може відключатися. Дозатор служить для регулювання подачі вихідної суміші в робочий циліндр у залежності від сорту морозива.

Час охолодження суміші забезпечує оптимальну збитість морозива. Якщо вона недостатня, морозиво виходить надто щільним, водянистим, грубої структури. При збільшеній збитості морозиво має

пластівчасту будову. І в тому, і в іншому випадках смакові якості морозива нижче норми. Вважається, що для більшості сортів морозива його збитість повинна складати 75-95% і при цьому обмежуватися триразовим звістом сухих речовин у суміші.

У режимі промивання у бак фризера заливається миючий або дезинфікуючий розчин. Включається режим промивання, при якому працює тільки електродвигун мішалки. Розчин видаляється через добірний пристрій. При частковому розбиранні відкручуються гайки-баранчики і знімаються добірний пристрій, шнек мішалки і дозатор. Місткість робочого циліндра 12 л. Застосовується холодоагент хладон-12. Продуктивність фризера ФМ-1 21кг/год при потужності двигунів мішалки і холодильного агрегату 3 кВт. Тривалість збивання суміші не перевищує 10 хв.

4 Оснащення лабораторної роботи обладнанням для експериментальних досліджень

- 1) Машини і обладнання, що вивчаються;
- 2) Необхідний інструмент для виконання регулювань;
- 3) Навчальний посібник і завдання;
- 4) Практикум до роботи;
- 5) Необхідна література.

5 Методика проведення роботи

Фризерування – процес, при якому суміш морозива частково заморожується й насичується повітрям. Суміш надходить у фризер при температурі від 2 до 6° С (оптимальна температура 2–4° С); на першій стадії фризерування відбувається подальше охолодження суміші, потім її часткове заморожування (виморожування) зутворенням дрібних кристаликів льоду. На кількість вимороженої води впливає головним чином, вміст цукру в морозиві: чим вище вміст цукру в суміші морозива, тим нижче повинні бути температури заморожування. Чим нижче температура фризерування й чим краще циркуляція суміші у фризері, тим швидше утворюються кристали льоду й тим вони дрібніше. У морозиві гарної структури величина кристалів льоду не повинна перевищувати 60- 80 мкм.

Зутворенням кристалів льоду підвищується концентрація некрижаної частини розчину в суміші й знижується температура замерзання. У міру відводу тепла збільшується кількість замороженої води й знижується температура морозива. До кінця фризерування температура суміші у фризері досягає –4 –6° С; у результаті фризерування виморожується 30–60% води, що міститься у суміші. Надалі в процесі

загартування у морозильних камерах, гартівних шафах і швидкоморозильних апаратах температура морозива знижується до -18° -20° С і кількість вимороженої води становить 70–80%; при тривалому зберіганні морозива температура знижується до -25° , у результаті чого 90% води перетворюється у лід.

Вивантажуємо із фризера морозиво повинне мати консистенцію густої сметани, пасти або густого крему (незагартоване, або м'яке, морозиво).

Одночасно із заморожуванням у фризери відбувається насичення суміші повітрям (збивання). Збитість виражають у відсотках приросту об'єму морозива проти первинного об'єму суміші.

6 Обробка результатів експерименту

Алгоритм розрахунку основних технічних показників фризера періодичної дії

Визначають збитість за формулою

$$A = \frac{M - C}{C} 100, \quad (1)$$

де A – ступінь збитості, %;

C – об'єм суміші до її фризеравання, л;

M – об'єм морозива, отриманого з даного об'єму суміші, л.

На практиці збитість обчислюють виходячи не з об'єму, а з маси суміші й морозива, взятого в тому самому об'ємі:

$$A = \frac{B_{cm} - B_m}{B_m} 100, \quad (2)$$

де B_{cm} – маса суміші в певному об'ємі, кг;

B_m – маса морозива в тім же об'ємі, кг.

Якщо відомі ємність тари, маса порції морозива й щільність суміші, з якої приготовлене дане морозиво, збитість визначають за формулою

$$A = \frac{T \cdot \rho - M_n}{M_n} 100, \quad (3)$$

де T – ємність тари, м³;

ρ – щільність суміші морозива, кг/м³;

M_n – маса нетто порції морозива, кг.

Тривалість технологічного процесу фризера залежить від його

го конструктивних особливостей і для апаратів невеликої продуктивності (10...40 кг/ч), що виробляють м'яке морозиво, становить 0,8...1,0 ч. Фризері більшої продуктивності, установлені в технологічних лініях виробництва морозива, мають тривалість технологічного процесу - 0,1...0,3 години.

Продуктивність фризера періодичної дії Q , кг/г можна розрахувати за формулою

$$Q = \frac{3,6m_n \cdot \delta \cdot n \cdot k_c}{1000} \cdot S \cdot \frac{\rho_{cm} + \rho_m}{2}, \quad (4)$$

де m_n – число ножів;

δ – товщина шару, що зрізується, мкм;

n – частота обертання ножів, s^{-1} ;

k_c – коефіцієнт, що враховує нерівномірність зрізання намороженого шару ($k_c = 0,7...0,8$);

S – площа поверхні охолодження циліндра, m^2 ;

ρ_{cm} і ρ_m – щільність, відповідно, суміші морозива, kg/m^3

($\rho_{cm} = 1100 \text{ кг/м}^3$).

Щільність морозива залежить від ступеня його збитості й може бути орієнтовно визначена із залежності

$$\rho_m = \frac{\rho_{cm}}{1 + 0,01 \cdot A} \quad (5)$$

де A – ступінь збитості морозива, % (для молочного й вершкового морозива $A = 70...90\%$).

Іноді в технічній характеристиці фризера вказується його продуктивність для конкретного ступеня збитості морозива. У цьому випадку продуктивність фризера не розраховується, а уточнюється з урахуванням формули (5) для заданого (або прийнятого) ступеня збитості продукту.

Фризері по виробництву м'якого морозива мають вмонтований холодильний агрегат і невелику продуктивність (10...40 кг/ч).

Більш продуктивні фризері, застосовувані в цехах по виробництву морозива й холодокомбінатах, звичайно підключені до загальноцехової циркуляційної холодильної системи, переважно аміачного типу. Тому для роботи цієї системи необхідно знати витрату холоду X , кДж/г кожним її споживачем ($X = 10000...20000$ кДж/г).

Потужність на привод фризера N , кВт можна визначити,

враховуючи витрати холоду та продуктивність фризера

$$N = \frac{X \cdot k_x - Q [C_{cm} (t_{cm} - t_{kp}) + C_m (t_{kp} - t_m) + 3,36m_w]}{3600\eta}, \quad (6)$$

де C_{cm} та C_m - теплоємність суміші мороженого й готового морозива кДж/(кг °С); (для орієнтовних розрахунків їх можна прийняти відповідно 2,93 і 1,63 кДж/(кг °С);

t_{cm} - температура суміші, що поступає у фризер °С;

t_m - температура морозива, °С;

m_w - маса води в 1 кг морозива, - кг;

k_x - коефіцієнт, що враховує втрату холоду, $k_x = 0,85 \dots 0,90$;

t_{kp} - температура утворення кристалів льоду, $t_{kp} = 0$ °С;

η - механічний ККД фризера ($\eta = 0,7 \dots 0,8$).

Таблиця 1 – Варіанти індивідуальних завдань до розрахунків фризера

№ вар	m_n	δ , мкм	n , c^{-1}	S , m^2	T , m^3	M_n , кЗ	X	t_{cm} , $^{\circ}C$	t_m , $^{\circ}C$	m_w , кг
1	2	12	3	0,4	0,00030	0,15	12000	4	2	0,55
2	3	13	4	0,5	0,00031	0,17	13000	5	3	0,57
3	4	14	5	0,6	0,00029	0,16	15000	6	4	0,58
4	2	15	6	0,7	0,00028	0,15	16000	4	2	0,60
5	3	16	3	0,8	0,00032	0,18	17000	5	3	0,62
6	4	17	4	0,9	0,00030	0,16	18000	6	4	0,64
7	2	18	5	0,4	0,00031	0,15	19000	4	2	0,66
8	3	19	6	0,5	0,00029	0,17	20000	5	3	0,55
9	4	20	3	0,6	0,00033	0,18	12000	6	4	0,57
10	2	14	6	0,6	0,00027	0,17	13000	4	3	0,58
11	3	15	3	0,7	0,00028	0,15	15000	5	4	0,59
12	4	16	4	0,8	0,00029	0,18	14000	6	2	0,60
13	2	17	5	0,9	0,00030	0,16	18000	4	3	0,62
14	3	18	6	0,4	0,00031	0,17	17000	5	4	0,56
15	4	19	3	0,5	0,00032	0,15	16000	6	2	0,58
16	2	20	6	0,6	0,00033	0,16	15000	4	3	0,57
17	3	12	3	0,4	0,00030	0,17	14000	5	4	0,62
18	4	13	4	0,5	0,00031	0,18	13000	6	2	0,64
19	2	14	5	0,6	0,00029	0,15	16000	4	3	0,66
20	3	15	6	0,7	0,00028	0,16	17000	5	2	0,55

7 Контрольні питання

- 1) Класифікація машин і обладнання для виробництва морозива.
- 2) Фризер періодичної дії, будова та принцип дії.
- 3) Фризер безперервної дії, будова та принцип дії.
- 4) Які переваги мають фризери безперервної дії.
- 5) Основні розрахунки фрізерів.
- 6) Яке обладнання застосовується для охолодження морозива.

8 Тестові завдання

1. Фризер є основною машиною у виробництві:

- а) морозива;
- б) хліба;
- в) конфет;
- г) борошна.

2. У фризерах з ропним охолодженням використовується

- а) циркулюючий у сорочці фрізера розсіл, охолоджуваний у випарнику холодильної машини;
- б) киплячий холодильний агент;
- в) вода;
- г) лід.

3. Принцип дії фрізерів з безпосереднім охолодженням заснований на:

- а) кипінні холодильного агента;
- б) циркулюванні у сорочці фрізера розсолу;
- в) застосуванні льоду;
- г) зрошуванні водою.

4. Оптимальна температура суміші, що надходить до фрізера:

- а) 2 – 4° С;
- б) 0° С;
- в) 10° С;
- г) неважливо.

5. Процес, при якому суміш морозива частково заморожується й насичується повітрям, називається:

- а) фризеравання;
- б) випічка;
- в) охолодження;
- г) зневодження.

6. За принципом дії розрізняють наступні види фрізерів:

- а) періодичної дії (ФПД);

- б) безперервної дії (ФБД);
- в) періодичної дії (ФПД) і безперервної дії (ФБД) ;
- г) немає вірної відповіді.

9 Список рекомендованої літератури

1.Притико В.П., Лунгрэн В.Г. Машины и аппараты молочной промышленности. - 2-е изд. - М.: Пищевая промышленность, 1979.- 320 с.

2. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АЛПК. Каталог. Т. 1, Ч.3. Молочная промышленность - М.: АгроНИИТЗНИТО. 1990.

3.Лукиянов Н. Я., Барановский Н. В. Оборудование предприятий молочной промышленности. - М.: Пищевая промышленность, 1968. – 406 с.

4. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Барановский Н. В. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. - М.:Пищевая промышленность, 1970. – 625 с.

5. Справочник по производству мороженого / Г.М.Азов, А.Г. Бурмакин, И.Б. Гисин, Г.М. Дезент.-М.: Пищевая промышленность. 1970. – 432 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Тема: Холодильне технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів

Мета роботи: Вивчення роботи обладнання для охолодження харчових продуктів; вивчення методів розрахунку обладнання для реалізації технологічного процесу - охолодження на прикладі обладнання камери охолодження фруктів.

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- 1) Вивчити призначення процесу охолодження харчових продуктів.
- 2) Ознайомитись з обладнанням для охолодження та основами розрахунку холодильного устаткування для охолодження харчових продуктів;
- 3) Розрахувати обладнання камери охолодження фруктів.

2 Завдання для самостійної роботи

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

- а) існуючі способи охолодження продукції сільського господарства;
- б) вивчити конспект лекцій;
- в) опрацювати рекомендовану літературу.

3 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, камеру 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.

Важливою ланкою у холодильній обробці рослинної продукції є стаціонарні та пересувні холодильні установки для попередньо-гоохладження. 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 вентилуванням штабеля.

Холодопостачання стаціонарних камер попереднього охолодження може бути централізованим та індивідуальним, причому останній спосіб є ефективнішим для сільської місцевості завдяки можливості організації періодичного обслуговування.

Враховуючи особливості тепло – масообміну 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 метрів.

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:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (1)$$

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:

$$Q_0 = Q_0' + Q_{звол.} + Q_{підігр.} \quad (2)$$

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 в холодильну камеру, визначають за формулою:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4' + W_4'' \quad (3)$$

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 відкриття дверей, кг/с.

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

$$W_0 = W + W_{звол} \quad (4)$$

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:

$$F_{по} = \frac{Q_0}{K_0 \cdot \Delta t_m}, \quad (5)$$

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 (в режимі охолодження) та $\Delta t_m = 3...5$ °С (в режимі зберігання).

Після розрахунку тепла передаючої 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 уздовж теплоізолюваних 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 усущку продукції.

Методика проведення роботи

4.1 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 підлягають встановленню в камері.

Приклад розрахунку обладнання камери охолодження фруктів

У камері охолодження фруктів (рис. 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 $t_2 = 6^\circ\text{C}$.

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

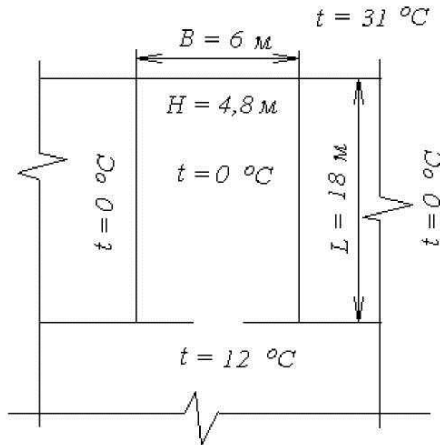


Рис. 1. Камера охолодження фруктів

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:

$$F_{\text{бюд}} = L_K \cdot B_K, \quad (6)$$

де L_K – довжина камери, м;

B_K – ширина камери, м.

Знаходимо численне значення будівельної площі підлоги:

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

Місткість камери охолодження знаходимо за формулою:

$$G = F_{\text{бюд}} \cdot g_F \quad (7)$$

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

Знаходимо чисельне значення місткості камери:

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

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

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{t_1 - t_{\text{сеп}}}{t_2 - t_{\text{сеп}}} \quad (8)$$

де m – темп охолодження, с^{-1} (для яблук у тарі можна прийняти $m = 0,0000197 \dots 0.0000161 \text{ с}^{-1}$);

$t_{\text{сеп}}$ – 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:

$$\tau = \frac{1}{0,000018} \ln \frac{25 - 0}{6 - 0} = 79200 \text{ с} \approx 22 \text{ год.}$$

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

$$Q_{\text{оно}} = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5 \quad (9)$$

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 нормам будівництва холодильників для охолодження та зберігання рослинної продукції, вважаємо, що камера охолодження

яблук однією торцевою стінкою відокремлена від зовнішнього повітря з температурою $t_{306} = 30^{\circ}\text{C}$, 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 $h_{б\text{уд}} = 4,8$ м.

Розраховуємо теплоприплив крізь огороження камери Q_I , Вт, за формулою:

$$Q_I = K_{306} \cdot F_{306} (t_{306} - t_{сер}) + K_{екс} \cdot F_{екс} (t_{екс} - t_{сер}) + K_{пер} \cdot F_{пер} (t'_{306} - t_{сер}), \quad (10)$$

де K_{306} – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{K}$);

$K_{екс}$ – коефіцієнт теплопередачі для стіни, що відокремлює камеру від експедиції, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{K}$);

$K_{пер}$ – коефіцієнт теплопередачі для перекриття, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{K}$);

F_{306} – площа поверхні зовнішньої стіни, м^2 ;

$F_{екс}$ – площа поверхні стіни, що відокремлює камеру від експедиції, м^2 ;

$F_{пер}$ – площа поверхні перекриття, м^2 ;

t_{306} – температура зовнішнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

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

t'_{306} – температура зовні перекриття з урахуванням впливу сонячної радіації, $^{\circ}\text{C}$.

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

$$F_{306} = B_K \cdot h_{б\text{уд}};$$

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

$$F_{екс} = B_K \cdot h_{б\text{уд}};$$

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

$$F_{пер} = L_K \cdot B_K;$$

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

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_I за формулою (10):

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

При розрахунку теплоприпливу від продукту, що охолоджується, Q_2 , Вт, можливо скористатися формулою, яка враховує тепло-

приплив від продукту, що охолоджується, та тари, в якій знаходиться продукт.

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

$$Q_2' = \frac{G_y \cdot C_y (t_1 - t_2)}{\tau} + \frac{G_m \cdot C_m (t_1 - t_2')}{\tau} \quad (11)$$

де G_y, G_m – маси яблук і тари, відповідно, кг;

C_y, 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_y дорівнює місткості камери G , $G_y = 43200$

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 $C_y = 3645$ Дж/(кг·К), (для яблук зимових сортів).

Питома теплоємність тари $C_m = 2700$ Дж/(кг·К), (для дерев'яної тари).

Температуру тари після охолодження яблук t_2' приймаємо рівною 3 °С (середнє значення між $t_{cep} = 0$ °С та $t_2 = 6$ °С).

Обчислюємо Q_2'

$$Q_2' = \frac{43200 \cdot 3645 (25 - 6)}{79200} + \frac{43200 \cdot 2700 (25 - 3)}{79200} =$$

$$= 36739 + 3240 = 39979 \text{ Вт}$$

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

$$Q_2 = Q_2' \cdot K_a, \quad (12)$$

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 елек-

продвигунів вентиляторів Q_4 , Вт, орієнтовно приймаємо рівним 0,15 від Q_2 . Тоді:

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

Теплоприплив від дихання яблук дорівнює:

$$Q_5 = G \cdot q_5, \quad (13)$$

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) $q_5 = 9$ Вт/т.

Розраховуємо Q_5 :

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

Повне теплове навантаження на камерне обладнання (повітроохолоджувачі) становить:

$$Q_{ono} = 2018 + 53971 + 8095 + 389 = 64473 \text{ Вт}$$

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

$$F_{по} = \frac{Q_{ono}}{K_0 \cdot \Delta t_m}, \quad (14)$$

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 $15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\Delta t_m = 6 \dots 8 \text{ }^\circ\text{C}$ (в режимі охолодження).

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

$$n_{по} = \frac{F_{по}}{f_{по}}, \quad (15)$$

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

$F_{по}$ – площа поверхні теплопередачі повітроохолоджувачів, м²;

$f_{по}$ – площа поверхні теплообміну одного повітроохолоджувача, м²;

Знаходимо чисельне значення $n_{по}$:

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

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

4 шт · 2 м + 5 · 2 м = 18 м, що дорівнює заданій довжині камери (L = 18 м).

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

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

$$V_0 = n_{вент} \cdot V_{вент}, \quad (16)$$

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

$V_{вент}$ – продуктивність одного вентилятора, м³/год.

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

Знаходимо чисельне значення:

$$V_0 = 8 \cdot 1000 = 8000 \text{ м}^3/\text{год} = 2,22 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Кратність циркуляції повітря у камері визначають за залежністю:

$$Z = \frac{V_0}{V_{б\text{уд}}}, \quad (17)$$

де Z – кратність циркуляції повітря у камері, год⁻¹;

V_0 – сумарна кількість повітря, яке спрямовується до камери, м³/год;

$V_{б\text{уд}}$ – будівельний об'єм камери, м³.

Будівельний об'єм камери знаходимо за формулою:

$$V_{б\text{уд}} = F_{б\text{уд}} \cdot h_{б\text{уд}}, \quad (18)$$

де $V_{б\text{уд}}$ – будівельний об'єм камери, м³;

$F_{б\text{уд}}$ – будівельна площа камери, м²;

$h_{б\text{уд}}$ – 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:

$$Z = \frac{8000}{518,4} = 154,2 \text{ год}^{-1}$$

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

Таблиця 1 – Індивідуальні варіанти завдання

№ варіанта	L×B, м	$t_{\text{зов.}}, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
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

5 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.

4 Тестові завдання

1.Процес зниження температури до криоскопічної або близької до неї це:

- 1)охолодження
- 2)заморожування
- 3)сублімація
- 4)дефростація.

2.Розрізняють наступні види холодильного технологічного обладнання:

- 1)тунель, камеру та апарат
- 2)візки
- 3)охолоджувач
- 4)немає вірної відповіді

3.Продування повітря крізь рослинну продукцію, укладену штабелем називається:

- 1)активним вентиляванням штабеля
- 2)скрізне охолодження
- 3)ефективне охолодження
- 4)немає вірної відповіді

4.Теплове навантаження на камерне обладнання визначається в:

- 1)Вт
- 2)Дж
- 3)Дж/кг
- 4)Дж/кг.К

5.Зі всіх методів консервації харчових продуктів найбільш ефективна обробка їх:

- 1)низькою температурою
- 2)високою температурою
- 3)парою
- 4)водою}

6.Охолодженими вважаються продукти, температура яких знаходиться в інтервалі значень:

- 1) 0...4°C
- 2) 20...10°C
- 3) -10...-15°C
- 4) 10...-10°C

6 Список рекомендованої 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. отделений 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.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №13

Тема: Холодильне технологічне обладнання для заморожування харчових продуктів

Мета роботи: вивчення роботи обладнання для контактного заморожування харчових продуктів; вивчення роботи обладнання для безконтактного заморожування харчових продуктів;

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

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

2 Завдання для самостійної роботи

У процесі підготовки до заняття студент в 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.

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 яко-

сті 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.

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 обігрівается.

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 по ходу 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 по ходу руху рядах труб, що зменшує площу живого перерізу повітроохолоджувачів. Змінний крок оребрення має забезпечити збереження номінальної площі живого перерізу повітроохолоджувачів по довжині.

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 контура має бути якомога меншою для мінімізації 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 візки 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 пристрою *апарата з подовжнім рухом повітря* пока-

зана на рис.1, *а*. У вантажному відсіку знаходяться візки, на полицях яких розміщені продукти, які піддаються заморожуванню. Направлений рух повітря в апараті створюється хибною стелею, яка є одночасно і піддоном повітроохолоджувача.

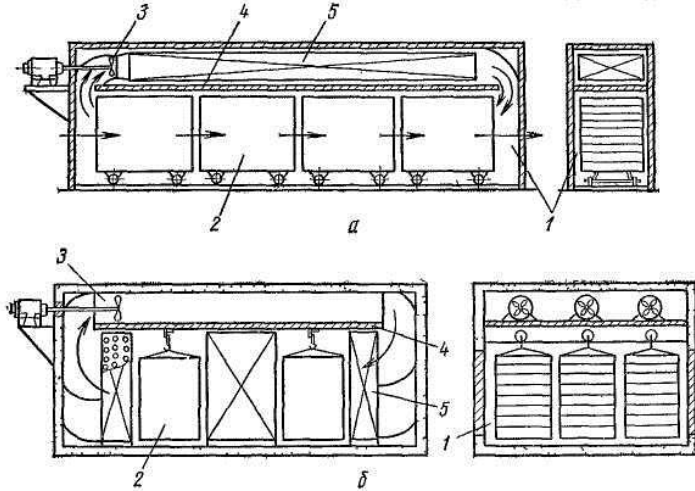


Рис. 1. Схема пристрою візкового морозильного апарата
а – з подовжнім рухом повітря; *б* – з поперечним рухом повітря
 1 - вантажний відсік, 2 - етажерки або візки, 3- вентилятор, 4 – хибна стеля; 5 - повітроохолоджувач.

Пристрій апарата з поперечним рухом повітря показаний на рис. 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 осі тунелю. У таких апаратах секції повітроохолоджувача утворюють вантажні відсіки.

У візкових апаратах швидкість руху повітря рівна 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 холодоносії – 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, яке 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. По цій ознаці кріогенні апарати можна класифікувати 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 теплового 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 заморожуваного 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 (рис. 2) складається з вантажного конвеєра, ванни з рідким азотом, витяжних тру-

бопроводів, завантажувального і розвантажувального столів, ізолюваного контура, виконаного з неіржавіючої сталі і матеріалу теплоізоляції.

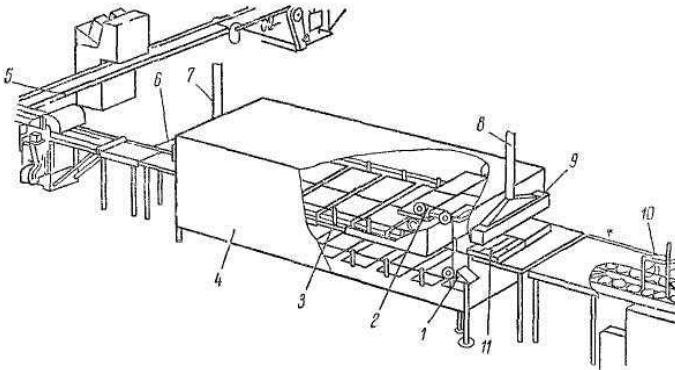


Рис. 2. Імерсійний апарат для заморожування розфасованих харчових продуктів.

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

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 апарату 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.

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

Технічна характеристика

Продуктивність, кг/год	100
Ємність, кг	6-10
Температура, °С	
середовища, яке відводить тепло	-196
замороженого продукту	-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 в 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 в блоках та брикетих 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 охо-

лджують 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 металоємних 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 полу, 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 по морозильних плитах. Горизонтально-плиткові морозильні апарати випускаються з числом плит від 6 до 21 шт.

Горизонтально-плиткові морозильні апарати складаються з ізольованого контура (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 апарату. 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 (рис. 3) складається з ізолюваного контура, 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.

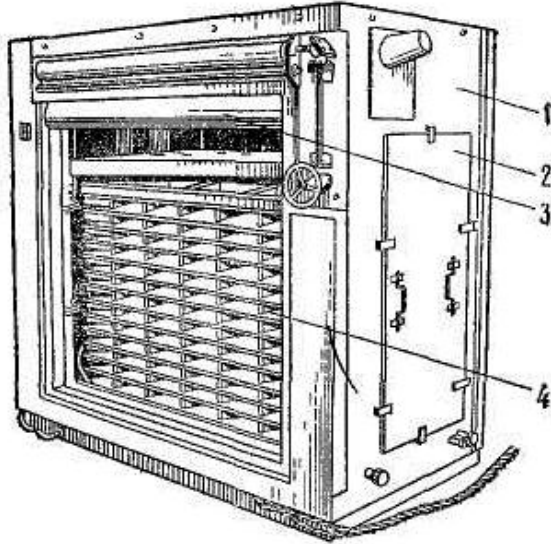


Рис. 3. Горизонтально-плитковий апарат з ручним завантаженням і вивантаженням продукту.

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

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 сифонних металорукавів. До подаючого вертикального колектора апарата холодильний агент прямує з ресивера циркуляційним насосом.

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

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 рівно-

мірне 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 апарату. Після заморожування продукту листи вручну витягуються з апарату, 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 апарату 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 холодоносіє.

Апарат для заморожування упакованих продуктів в рідкому холодоносії

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

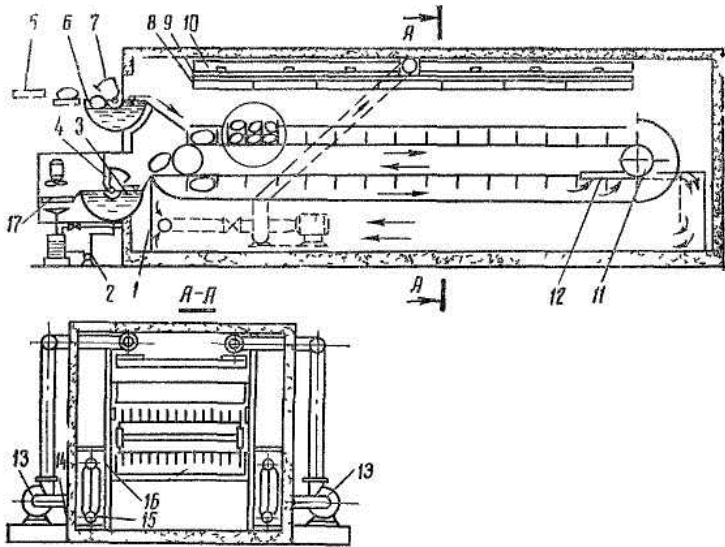


Рис. 4. Апарат для заморожування упакованих продуктів у рідкому холодоносії: 1 – охолоджуюча ванна; 2 – насос для підтримки рівня у завантажувальному гідравлічному затворі; 3 – розвантажувальний гідравлічний затвор, 4 – виштовхувач, 5 – транспортер для подачі тушок птаха до завантажувального гідравлічного 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.

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 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 утворена спеціальними перегородками, які переміщують тушки.

Проходячи по верхній ділянці транспортерної стрічки, туш-

ки 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 площі поверхні заморожених тушок, здуваються повітряним струменем і збираються у спеціальний піддон. З піддону холодоносій прямує у 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 апарату 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 у холодоносій – 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 холодоносій, 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

4 Контрольні питання

1. Теплофізична сутність та особливості процесу заморожування харчових продуктів;
2. Вплив швидкості заморожування на кристалізацію вологи 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.

5 Тестові завдання:

1) Кріоскопічною температурою називають температуру, при якій:

- а) продукт відправляють в торгову мережу або на переробку;
- б) продукт упаковують;

- в) починають виділятися кристали льоду з тканинних соків;
- г) кипить холодильний агент.

2) Дефростація - це процес:

- а) нагрівання продукту;
- б) зволоження продукту;
- в) усихання продукту
- г) розморожування продукту.

3) Яка температура кипіння рідкого азоту?

- а) 0°C;
- б) -273°C;
- в) -196°C;
- г) -18°C.

4) Імерсійні апарати працюють за принципом:

- а) обдування холодним повітрям;
- б) контакту з охолодженою поверхнею;
- в) занурення продуктів у ванну з криогенною рідиною;
- г) розпилування холодоносія.

5) До якої температури знижують температуру при заморожуванні?

- а) до температури продукту нижче його криоскопічної температури, але не менше – 8°C у глибині продукту;
- б) до температури продукту, яка дорівнює його криоскопічній температурі;
- в) до температури продукту нижче його криоскопічної температури, але не менше – 40°C у глибині продукту;
- г) до температури продукту нижче 0°C у глибині продукту.

6) У флюїдизаційних морозильних апаратах холодне повітря подається:

- а) зверху на продукт;
- б) знизу через спеціальні ґрати;
- в) уперек руху продукту;
- г) заморожування продукту відбувається за рахунок занурення його в холодоносіях.

6 Список рекомендованої 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. отделений 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.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №14

Тема: Холодильне технологічне обладнання для розморожування харчових продуктів

Мета роботи: вивчення способів розморожування харчових продуктів; вивчення обладнання для розморожування харчових продуктів.

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- 1) Вивчити призначення розморожування;
- 2) Ознайомитись зі способами розморожування;
- 3) Вивчити обладнання для розморожування;

2 Завдання для самостійної роботи

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

- 1) вивчити конспект лекцій;
- 2) опрацювати рекомендовану літературу.

3 Загальні відомості

Розморожуванням називають технологічний процес перетворення льоду, що міститься у морожених продуктах, у рідку фазу.

Розморожування продуктів є завершальним технологічним процесом холодильної обробки, впродовж якого відбувається підвищення температури замороженого продукту. **Процес розморожування** за теплофізичною суттю можна розглядати як процес, зворотний заморожуванню.

Розморожують майже усі **морожені продукти**, окрім тих, які можуть бути реалізовані в мороженому вигляді (м'ясо, риба, морозиво, тощо). Проте перед надходженням до торгової мережі продукти розморожувати не рекомендується, оскільки навіть при нетривалому зберіганні в розмороженому стані може погіршити їх **товарний вигляд**.

Розморожування швидкозаморожених продуктів у дрібному фасуванні, як правило, поєднують з їх кулінарною обробкою.

Класифікація методів розморожування харчових продуктів

Підприємства харчової промисловості застосовують нині декілька способів розморожування, при яких теплоносіями є повітря, пароповітряне середовище, вода і розсіл. Відомі також способи роз-

морозування за допомогою ультразвуку, інфрачервоних променів, електричного струму високої, надвисокої і промислової частоти і під вакуумом.

На відміну від **отеплення**, яке проводять виключно в повітрі з контрольованими параметрами, розморожування можливе в різних середовищах і при використанні різноманітних джерел тепла.

Існуючі способи **розморожування** можуть бути розділені на три основні групи.

До першої групи відносяться усі методи, засновані на використанні теплопередаючого середовища (теплоносія) з різними теплофізичними властивостями, при веденні яких завжди має місце температурний градієнт, тобто використовується конвективний нагрів пароповітряною сумішшю, в рідині, в середовищі насиченої пари тощо.

Друга група - методи розморожування, в основі яких нагрів шляхом перетворення енергії того або іншого виду в теплову безпосередньо в оброблюваному продукті. До таких видів енергії відносяться енергія електричного поля різної частоти і енергія ультразвукових коливань. З використанням енергії змінного електричного поля нагрів продукції за певних умов може здійснюватися рівномірно за усім обсягом, тобто відбувається безградієнтний нагрів.

До третьої групи входять комбіновані методи, що використовують одночасно конвективний і безградієнтний нагрів. При комбінованому способі розморожування може використовуватися повітря, мікрохвильовий, вакуумний, електроконтактний і інший нагрів.

Для харчових продуктів з тканинною структурою (м'ясо, риба, птах) найбільш важливим показником оборотності властивостей при розморожуванні є величина втрат соку. Втрати соку розглядаються як зовнішня ознака денатурації білкових речовин. Основним компонентом соку є вода, яка не поглинається продуктом при розморожуванні, а також вода, що виділяється з продукту під впливом стиснення при розморожуванні. Виділення соку з продуктів може супроводжуватися значними втратами розчинних речовин – вітамінів, ферментів, мінеральних речовин, тощо.

Розморожування - це завершальний процес холодильної обробки харчових продуктів, метою якого є максимальне відновлення їх первісних властивостей. При розморожуванні харчові продукти нагрівають до температури, при якій можлива їх подальша технологічна обробка.

Установки, які використовуються для розморожування харчових продуктів за способом підведення тепла до розморожуваного продукту, можна поділити на установки з тепlopідводом до поверхні і

об'єму продукту.

Установки з теплопідводом до поверхні продукту

Для розморожування харчових продуктів використовують установки для розморожування харчових продуктів у потоці повітря і в потоці вологого повітря; у вакуумі і воді, а також установки для комбінованого розморожування харчових продуктів у воді і повітрі.

Установки для розморожування харчових продуктів у потоці повітря (рис. 1) отримали широке поширення на м'ясокомбінатах. До складу установки входять канали з соплами діаметром 40 мм, призначені для подачі теплого повітря у камеру. Канали з соплами розміщені між підвісними шляхами під їх каркасом. Кожен канал обслуговується самостійним вентиляційно-опалювальним агрегатом, що складається з калорифера і вентилятора, встановленими на каркасі підвісного шляху. Система повітродозподілу дозволяє проводити розморожування м'яса при завантаженні будь-якої нитки підвісних шляхів камери.

Швидкість розморожування м'яса в таких установках відносно невелика і обмежена максимально припустимою температурою поверхневого шару продукту.

Установки для розморожування харчових продуктів в потоці вологого повітря (рис. 2) отримали широке поширення для розморожування рибного філе. Установка складається з ізольованого контура, вантажного конвейєра, відцентрового вентилятора, калорифера, системи зволоження повітря і повітропроводів.

Заморожені блоки рибного філе подаються на стрічку вантажного конвейєра. Безперервно перемішуючись на вантажному конвейєрі, блоки обдуваються вологим повітрям, рух якого створюється відцентровим вентилятором. Для забезпечення спрямованого і рівномірного обдування продукту теплим повітрям у повітропроводі встановлені направляючі щити. Відцентровий вентилятор засмоктує повітря з вантажного відсіку установки і направляє його в калорифери і систему зволоження. Зволоження повітря здійснюється подачею гострої пари в потік повітря або безпосереднім розбризкуванням води на продукт. Швидкість руху вантажного конвейєра має бути такою, щоб блоки за час переміщення в апараті були розморожені.

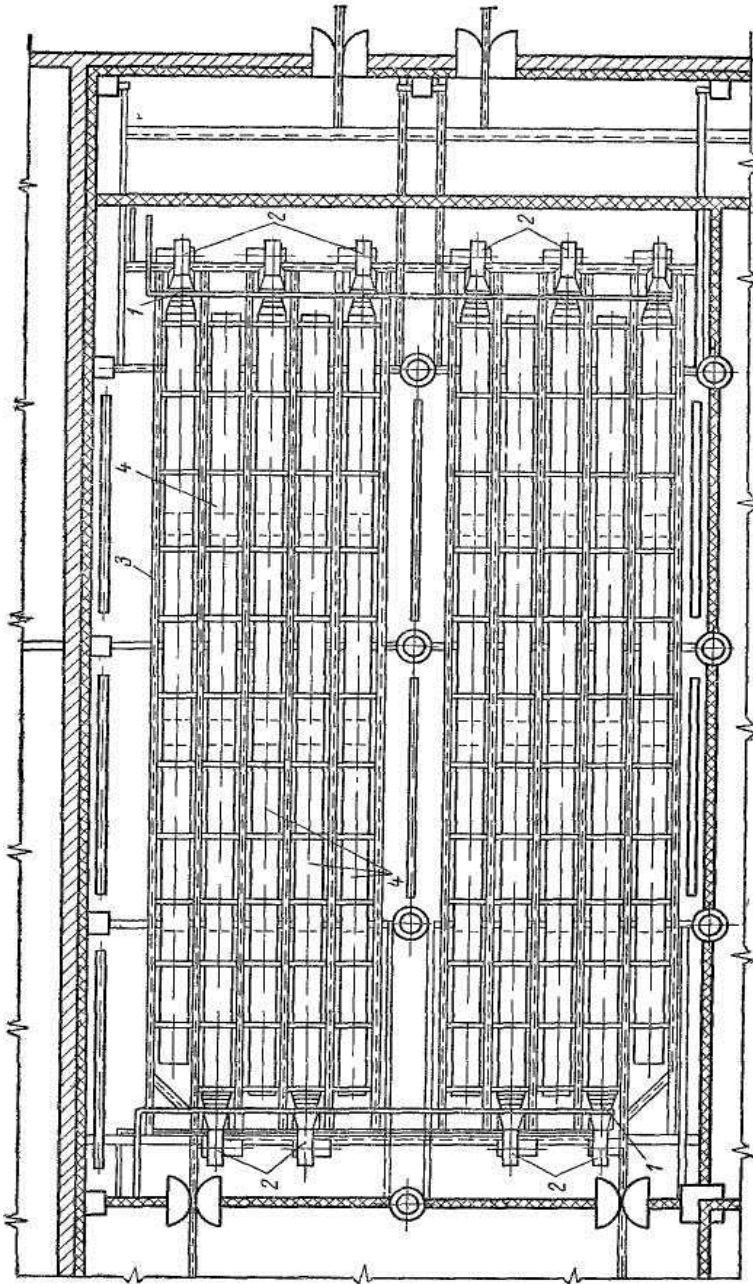


Рис. 1. Установа для розморожування м'яса в потоці повітря :

1 – калорифер, 2 – вентилятор, 3 – підвісний шлях, 4 – канали з соплями.

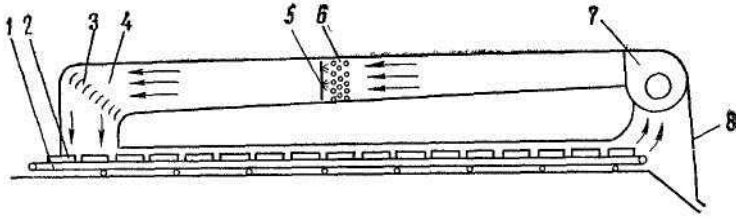


Рис. 2. Установка для розморожування блокових продуктів употоці вологого повітря : 1 –вантажний конвейер; 2 – блоки морозеного продукту;3– направляючі щити,4– повітропровід, 5 – система зволоження повітря; 6 – калорифер; 7 – відцентровий вентилятор,8– ізолюваний контур.

При розморожуванні продуктів у таких установках практично не відбувається втрат маси продукту.

Перевагою установки є простота конструкції і незначні експлуатаційні і капітальні витрати, а недоліком установки – мала інтенсивність процесу розморожування.

Широке поширення отримали *установки для розморожування продуктів зануренням у воду* (рис. 3). Установка складається з ванни з водою, кошиків з блоками морозеної риби, які переміщуються ланцюговим конвейером, відцентрових насосів, водопідігрівача, електродвигуна ланцюгового конвеєра з варіатором швидкості.

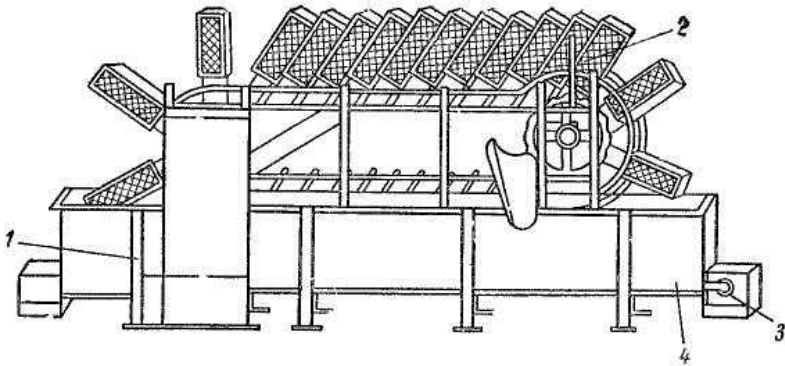


Рис. 3. Установка для розморожування продуктів зануренням у воду: 1 –каркас установки; 2– кошики з блоками риби; 3 – відцентрові насоси; 4 –ванна з водою.

Блоки мороженої риби подаються у закріплені на ланцюговому конвейері кошики. Верхня гілка ланцюгового конвейера з кошиками спочатку рухається у повітрі, а потім проходить через ванну з водою. Таким чином, з цій установці обидві гілки ланцюгового конвейера є робочими. На верхній гілці розморожування блоків йде повільніше, а на нижній – швидше. Для інтенсифікації процесу розморожування блоків на нижній гілці у ванну подається стиснуте повітря і за рахунок барботажу інтенсифікується процес розморожування. Розморожену рибу вивантажують з нижньої гілки ланцюгового конвейера і направляють на переробку.

Перевагою установки є інтенсивність процесу розморожування, простота пристрою, зручність експлуатації, а недоліками установки – велика витрата води, відсутність засобів механізації завантажувально-розвантажувальних робіт.

Технічна характеристика установок для розморожування харчових продуктів з теплопідводом до поверхні продукту приведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічна характеристика установок для розморожування з теплопідводом до поверхні продукту

Показники	Установки для розморожування		
	у потоці повітря	у потоці вологого повітря	зануренням у воду
Продуктивність, кг/год	200	100	100
Температура, °С			
середовища	20	21 - 22	15 - 16
розмороженого продукту	1	1	1
Швидкість руху повітря, м/с	1-2	5	–
Питома витрата води, кг/т	–	1,5	18
Тривалість розморожування, год	12	4 - 5	0,2 - 0,3

Установки з теплопідводом до об'єму продукту

Залежно від частоти електричного струму установки з теплопідводом до об'єму продукту можна класифікувати на установки із струмами високої і надвисокої частоти.

Установки, в яких використовуються струми високої і надвисокої частоти, являються найбільш досконалими, оскільки в них тепло підводиться рівномірно до усього об'єму розморожуваного продукту. Велика інтенсивність процесу розморожування, невелика площа, займана устаткуванням, повна гігієнічність, невеликі втрати м'я-

зового соку, висока якість розмороженого продукту є перевагами установок для розморожування струмами високої і надвисокої частоти.

Проте, в таких установках можна розморожувати продукти правильної геометричної форми. Найбільше поширення установки із струмами високої і надвисокої частоти знайшли для розморожування блоків мороженої риби.

Установка із струмами високої частоти призначена для розморожування блокових продуктів (рис.4), складається із завантажувального пристрою, ванни для розморожування з патрубками для підведення і відведення води і двох паралельних пластинчастих перфорованих електродів з діелектричними прокладками і відкидного дна. З метою спрощення конструкції установки і безпеки її обслуговування електроди з прокладками стаціонарно встановлені у ванні у вертикальному положенні.

Блок харчового продукту, який підлягає розморожуванню, подається в завантажувальний пристрій, який розташований над ванною для розморожування. Направляючі цього пристрою пов'язані між собою зубчастими стулками, які, у свою чергу, пов'язані з відкидним дном ванни. Після того, як блок потрапив у ванну, на перфоровані електроди подається напруга і відбувається процес розморожування.

З метою автоматичного управління завантажувально-розвантажувальними роботами і процесом розморожування установка забезпечена кінцевими вимикачами, увімкненими в електричну схему привода. Коли закінчується процес розморожування, відкривається відкидне дно ванни, і розморожений продукт випадає на розвантажувальний транспортер. Одночасно з розвантаженням з ванни розмороженого продукту до неї надходить наступний блок для розморожування.

Перевагою установки для розморожування блокових продуктів струмами високої частоти є компактність, автоматизація процесу розморожування і гарний товарний вигляд продукту, а недоліком установки – підвищена витрата електроенергії і складність електронної системи управління.

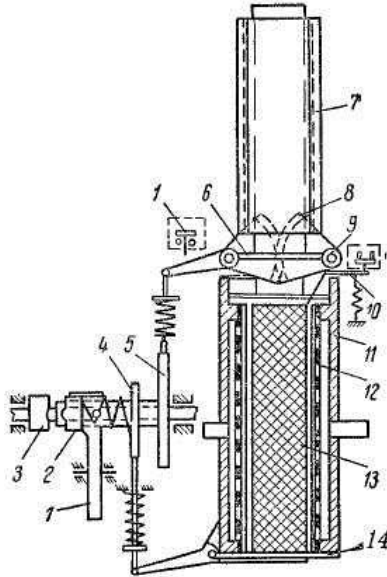


Рис. 4. Установа для розморожування блокових продуктів з використанням струмів високої частоти: 1 –вимикачі; 2 – рухлива муфта; 3 – нерухома муфта; 4 – важіль; 5 –соленоїдна котушка, 6 – ступки; 7 – завантажувальний пристрій; 8 – зубчасті ступки; 9 – вісі, 10 – шуп; 11 – ванна для розморожування; 12 – перфоровані електроди; 13 – діелектричні перфоровані прокладки; 14 – відкидне дно.

Технічна характеристика установки з теплопідводом до об'єму продукту приведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Технічна характеристика установки для розморожування з теплопідводом до об'єму продукту

Показники	Установа зі струмами високої частоти
Продуктивність, кг/год	200
Частота струму, МГц	0,0004
Температура розмороженого продукту, °С	1
Питома витрата води, кг/т	2
Тривалість розморожування, год	0,7 - 1

4 Контрольні питання

- 1) Розморожування харчових продуктів, його сутність;
- 2) Особливості організації та проведення процесу розморожування різних продуктів;
- 3) Класифікація холодильного технологічного обладнання для розморожування харчових продуктів;
- 4) Способи та обладнання, яке використовують для розморожування харчових продуктів, будова, принцип дії переваги і недоліки.

5 Тестові завдання:

1) Для розморожування харчових продуктів не використовують:

- а) установки з підведенням теплої пари холодильного агента;
- б) установки з підведенням теплоти до поверхні продукту;
- в) установки з підведенням теплоти до об'єму продукту;
- г) немає вірної відповіді.

2) Дефростація - це процес:

- а) нагрівання продукту;
- б) зволоження продукту;
- в) усихання продукту
- г) розморожування продукту.

3) Для розморожування продуктів не існує установок з підведенням теплоти до поверхні продукту:

- а) у потоці вуглекислого газу;
- б) у потоці вологого повітря;
- в) у вакуумі і воді;
- г) у воді і повітрі.

4) Недоліком установок для розморожування харчових продуктів з підведенням теплоти до об'єму продукту є:

- а) можливість розморожування продуктів тільки правильної геометричної форми;
- б) розморожування у присутності водяної пари;
- в) низька якість розморожування;
- г) висока втрата вологи продуктами.

5) Повторне заморожування розморожених харчових продуктів:

- а) забороняється;
- б) дозволяється;
- в) не має значення;

г) тільки однократно.

б) Установки, які використовуються для розморожування харчових продуктів за способом підведення тепла до розморожуваного продукту можна класифікувати на:

а) установки з теплопідводом до поверхні і об'єму продукту;

б) установки з теплопідводом до поверхні продукту;

в) установки з теплопідводом до об'єму продукту;

г) немає вірної відповіді.

6 Список рекомендованої літератури

1. Голянд М.М. Холодильное технологическое оборудование / М.М. Голянд, Б.Н. Малеванный. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 336 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Кочетков Н.Д. Холодильная техника / Н.Д. Кочетков. – М.: Машиностроение, 1966. – 408 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Тема: Дослідження системи розподілу повітря приміщень, які охолоджуються.

Мета роботи: вивчення основних систем розподілу повітря; вивчення основ розрахунку параметрів повітря, щорухається за закономірностями вільних струменів.

Час виконання роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

1) Вивчити поняття вільного і стиснутого повітряного струменя.

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

3) Виконати розрахунок повітряної завіси для дверей холодильної камери.

2 Завдання для самостійної роботи

Під час підготовки до роботи за рекомендованою літературою вивчити призначення та область застосування системи розподілу повітря приміщень, які охолоджуються. Вивчити основні технічні дані, вивчити будову і принцип роботи повітряної завіси. Вивчити правила техніки безпеки при її роботі. Вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки. Визначити основні технічні характеристики системи охолодження приміщень. Оформити звіт по роботі.

3 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) повітропроводи з подовжніми чи поперечними (радіальними) соплами;
- 5) двоканальну, одноканальну і безканальну 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.

3.1 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 (рис.1).

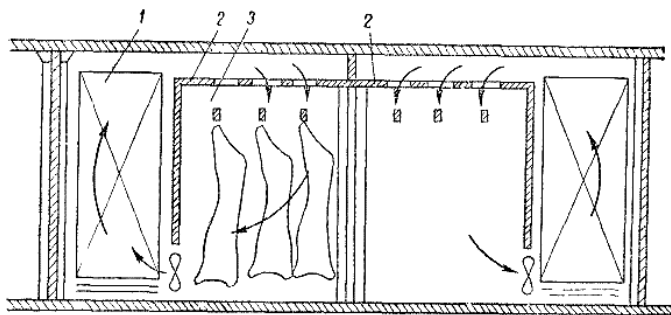


Рис. 1. Тунельна система розподілу повітря з рухом повітря у вертикальній площині: 1 – повітроохолоджувач; 2 – перегородки; 3 – тунель. Стрілками показано напрям руху повітря.

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, у багатоповерхових холодильниках складає 800 мм; висота цього простору в одноповерхових холодильниках визначається величиною нахилу покрівлі.

Елемент конструкції камери, обладнаної хибною стелею, представлений на рис.2.

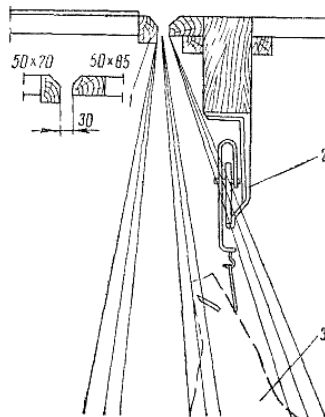


Рис. 2. Елемент конструкції камери, обладнаної хибною стелею: 1 – хибна стеля; 2 – підвісний шлях, 3 – напівтуша м'яса.

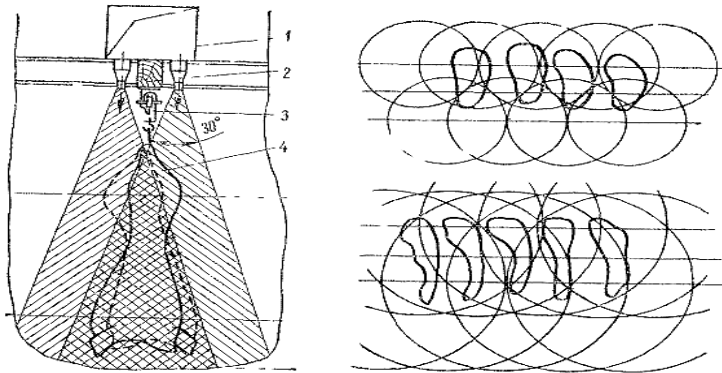
Ширина щілин хибної стелі 30-40 мм, а довжина 300-700 мм при відстані між щілинами 200-300 мм. При вказаних конструктивних розмірах щілин хибної стелі система розподілу повітря забезпечує розрахункові швидкості руху повітря.

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 стегнові частини обдуваються повітряними струменями, що виходять з сопел.

Елемент конструкції камери, обладнаної системою повітряного душування, показаний на рис. 3; характер розвитку повітряних струменів у напівтуш м'яса – на рис. 4.



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

Рис. 3. Елемент конструкції камери, обладнаної системою повітряного душування

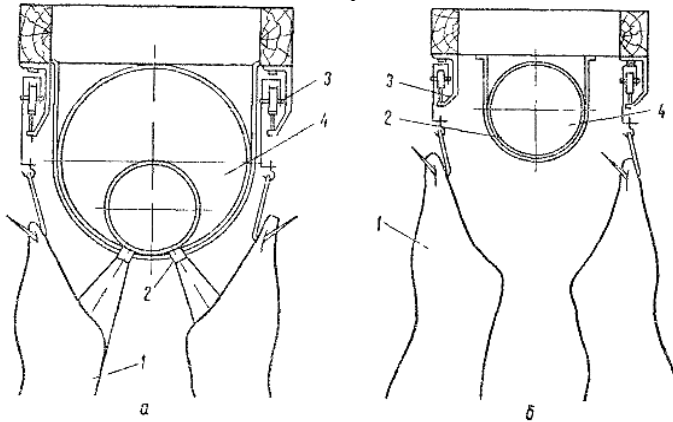
Рис. 4. Характер розвитку повітряних струменів у напівтуш м'яса

Виходячи із сопел і розширюючись за рахунок ежекції навколишнього повітря, струмені повітря зливаються і рухаються одним потоком, обдуваючи спочатку з найбільшою швидкістю стегнові 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 се-

редню швидкість струменя, що виходить з окремого сопла.

Повітропроводи з подовжніми або з поперечними щілинами

Система розподілу повітря складається з повітропроводів, розташованих між підвісними шляхами (рис. 5). Холодне повітря, що виходить з сопел, обдуває товсті стеговні 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.

Рис. 5. Елемент конструкції камери, обладнаної повітропроводами.

При подачі повітря у камеру через подовжні щілини з оптимальною швидкістю обдувається лише частина поверхні стеговної частини напівтуші, що призводить 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 стеговних частин напівтуш необхідно передбачити вісім щілин на 1 м повітропроводу.

3.2 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 (рис. 6) складається зі всмоктуючого і нагнітального каналів з вікнами, вентилятора і повітроохолоджувача.

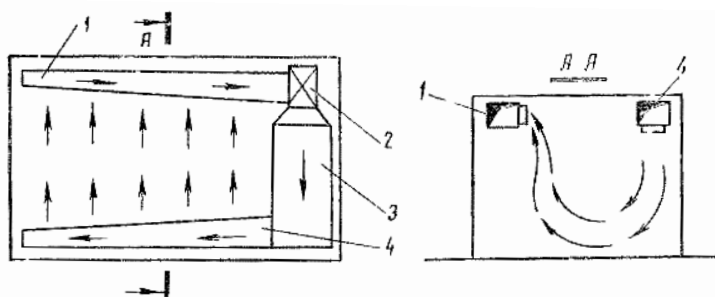


Рис. 6. Двоканальна система розподілу повітря:

1 – усмоктувальний канал, 2 – вентилятор, 3 – охолоджувач;
4 – нагнітаючий канал.

З приміщення повітря засмоктується через усмоктувальний 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 вантаж-

ний об'єм.

Одноканальна система

При одноканальній системі в охолоджуваному приміщенні розташовуються тільки нагнітальні канали. Одноканальна система розподілу повітря (рис. 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 повітропроводі.

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

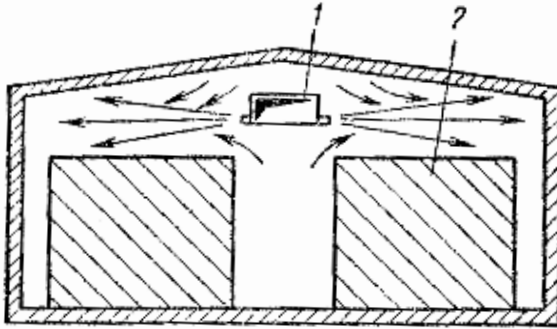


Рис. 7. Одноканальна система розподілу повітря:
1 – нагнітальний канал; 2 – штабель вантажу.

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.

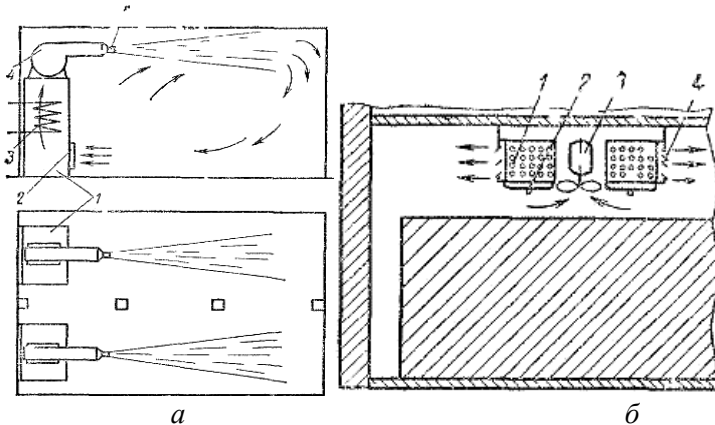
Рівномірна швидкість руху повітря у вантажному об'ємі камер схову з одноканальною системою розподілу повітря досягається розміщенням розгалуженої системи повітропроводів з великою кількістю вікон.

Спеціальні автоматичні заслінки вікон регулюють кількість повітря, що подається.

Безканалъна система

При безканалънй системй холодне повiтря подається у примiщення через цилiндричнi, конiчнi або прямокутнi сопла (насадки).

Повiтря звичайно охолоджується у постаментних повiтроохолоджувачах (рис. 8, а), якi витiсняються пiдвiсними. Такi повiтроохолоджувачi не займають будiвельну площу охолоджуваних примiщень i розташовуються на вiдстанi 3-6 м один вiд одного.



а – з постаментними повiтроохолоджувачами:

- 1 – постаментний повiтроохолоджувач;
- 2 – усмоктуюче вiкно;
- 3 – охолоджуючi секцiї;
- 4 – вiдцентровий вентилятор;
- 5 – сопло.

б – з пiдвiсними повiтроохолоджувачами:

- 1 – пiдвiсний повiтроохолоджувач;
- 2 – пiддон повiтроохолоджувача;
- 3 – вентилятор;
- 4 – направлюючий апарат .

Рис. 8. Безканалъна система розподiлу повiтря

Повiтря, охоложене в пiдвiсному повiтроохолоджувачi (рис. 8, б), подається у камеру за допомогою направлюючого апарата.

Конструктивне оформлення направлюючого апарата, що забезпечує рацiональний рух холодного повiтря, залежить вiд призначення охолоджуваного примiщення.

3.3 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 перерізу дверей $B \times H = 1,7 \times 2,2$ м. Повітря для завіси забирається з коридора. Визначити розміри повітряної завіси, швидкість руху повітря, що виходить з щільного сопла, теплоприплив до камери, час дії повітряної завіси, а також за її відсутності.

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

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

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

де μ – коефіцієнт витрати повітря кризь 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 кризь двері холодильної камери, ($q = \frac{V_3}{V_{np}}$);

D – безрозмірний комплекс.

Безрозмірний комплекс D визначаємо за залежністю:

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

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 :

$$V_{np} = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H \cdot \mu \sqrt{2 \cdot g \cdot H \frac{\rho_K - \rho_H}{\rho_{CM}}}$$

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

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 вільних струменів.
- 6) Перелічіть параметри повітря, що рухається за закономірностями стиснутих струменів.
- 7) Надайте схему розвитку вільного струменя.
- 8) Надайте схему розвитку стиснутого струменя.
- 9) Для чого призначена повітряна завіса?
- 10) Яка методика розрахунку повітряної завіси?

5 Тестові завдання:

1. Для організації руху повітря у приміщеннях, які охолоджуються застосовують:

1. тунельну систему розподілу повітря, хибну стелю;
2. систему повітряного душування;
3. двоканальну, одноканальну і безканалну системи;
4. всі перелічені.

2. У якому напрямку переміщується повітря в тунельній

системі?

1. у поперечному напрямку.
2. у подовжньому напрямку.
3. у вертикальній площині тунелю.
4. у будь-якому з перелічених.

3. Вологість повітря вимірюють за допомогою:

1. термопар.
2. пірометра.
3. психрометра.
4. планіметра.

4. Висота простору, що утворюється між хибною стелею і перекриттям, становить:

1. 800 мм;
2. 1500 мм;
3. 20 мм;
4. 100 мм.

5. Для чого служить повітряна завіса дверей холодильної камери?

1. для додаткового опору надходженню повітря крізь переріз дверей холодильної камери.;
2. для охолодження повітря;
3. для нагрівання повітря;
4. для кондиціювання повітря.

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.

6 Список рекомендованої 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. отделений 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.

	стор
Вступ	3
Вивчення конструкції парової компресійної холодильної установки на прикладі побутового холодильника КХ-240 та холодильної машини МВТ - 14	4
Вакуумування парової компресійної холодильної машини	21
Заправка холодоагентом парової компресійної холодильної машини	34
Перевірка холодильного контура холодильної машини на відсутність витікання холодоагента за допомогою електронного течешукача	50
Експериментальна оцінка параметрів парової компресійної холодильної установки	61
Вивчення конструкції компресорів парової компресійної холодильної машини	74
Експериментальна оцінка параметрів компресора об'ємної дії	93
Вивчення конструкції контрольно-вимірних приладів та автоматики холодильної установки	102
Експериментальна оцінка коефіцієнта теплопровідності холодильної шафи	113
Експериментальне дослідження виробництва льоду за допомогою льодогенератора	123
Дослідження фризерів періодичної дії для виробництва морозива	137
Холодильне технологічне обладнання для охолодження харчових продуктів	152
Холодильне технологічне обладнання для заморожування харчових продуктів	165
Холодильне технологічне обладнання для розморожування харчових продуктів	180
Дослідження системи розподілу повітря приміщень, які охолоджуються	190

203

Наукове видання

*Ялпачик Володимир Федорович
Стручаєв Микола Іванович
Ялпачик Федір Юхимович
Циб Віктор Григорович
Тарасенко Віра Григорівна*

**ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
З ХОЛОДИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ**

Навчальний посібник

Підписано до друку 29.11.2016 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 11,68
Наклад 500 прим. Зам. № .

ТОВ "Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні"
72312, м. Мелітополь, вул. М. Грушевського, 21/23
т. (0619) 6-55-16
e-mail: mmdprint@mail

Надруковано з оригіналу-макету
ПП Скребейко П.В.