**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра ОПХВ

# ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПАРОВОЇ КОМПРЕСІЙНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ НА ПРИКЛАДІ ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА КХ-240 ТА ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ МВТ - 14

методичні вказівки
до лабораторної роботи з дисципліни
"Холодильне устаткування"
для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Мелітополь
2016

**Вивчення конструкції парової компресійної холодильної установки на прикладі побутового холодильника КХ-240 та холодильної машини МВТ - 14.** Методичні вказівки для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016 – 20 с.

Розробники: к.т.н., професор Ялпачик Ф.Ю.
к.т.н., доцент Стручаєв М.І.
д.т.н., професор Ялпачик В.Ф.
к.т.н., ст. викл. Тарасенко В.Г.

Рецензент: д.т.н., професор кафедри МЕЗ А.А.Волошина

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри ОПХВ
«01» «листопада» 2016 р., протокол № 4.

Розглянуто та рекомендовано до друку методичною Радою факультету інженерії та комп'ютерних технологій
«24» «листопада» 2016 р., протокол № 4.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

**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 виробництвахолоду, 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 XX 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 уводять поняття холодильного коефіцієнта $\varepsilon_x$.

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°С) 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***

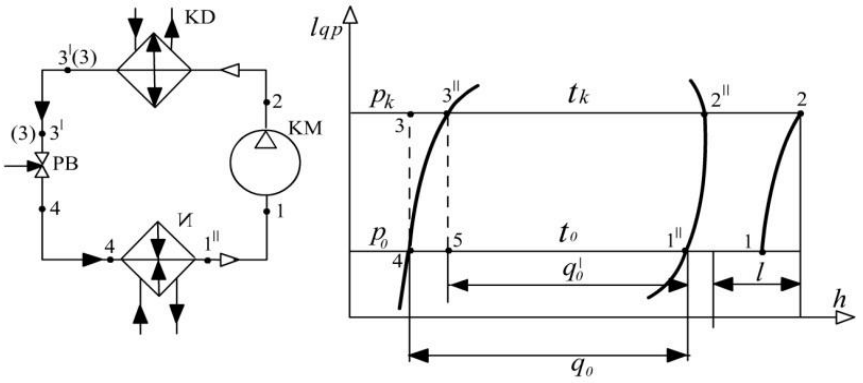
Принципова схема установки зображена на рис. 1. На цьому ж рисунку зображений її цикл у TS-координатах (цифри на схемі відповідають точкам, зазначеним на TS-діаграмі).

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 2-3-4-5-5-1-2. На виході з конденсатора рідке робоче тіло, проходячи через дросель Д, дроселюється (на діаграмі цей процес умовно зображений лінією (4-5).

При дроселюванні $h_4=h_5$, а тиск падає від $P_2$ до$P_1$.Оскільки в даному випадку коефіцієнт адіабатного дроселювання $\alpha>0$, то температура робочого тіла падає до $T_{н1}$. У точці 5 пара вологонасичена (ступінь сухості $x_5$).

Після дросельного клапана пара надходить у випаровувач. У результаті підведення теплоти $q_2$ (еквівалентній площі 5-1-1'-5'-5) ступінь сухості пари підвищується від $x_5$ до $x_1$ і пара переходить до стану, зображуваного точкою 1 (процес 5-1).




*а*) *б*)

*а*) КМ - компресор; KD - конденсатор; РВ - дросельний клапан; И - випаровувач; б) цикл її роботи в h – lgp 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 витрачати 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.

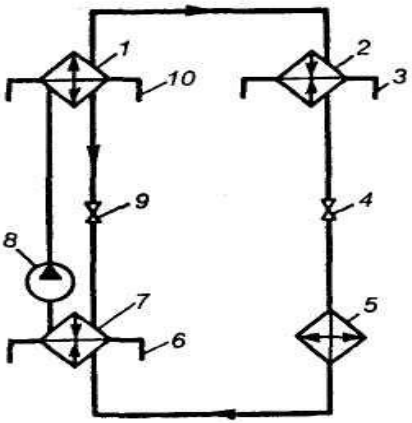



Рис. 2. Схема абсорбційної холодильної установки

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 $q_{абс}$ 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 десорбції,

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.

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

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.

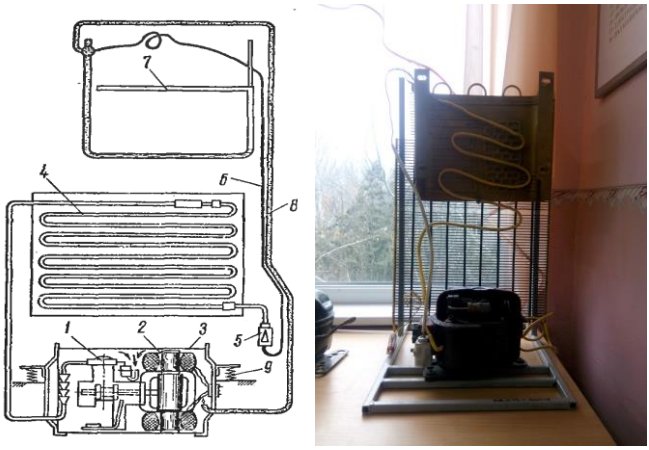



Рис.3. Принципова схема і фотографія холодильної машини побутового холодильника КХ-240

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 стальний 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 0,75м$^2$. 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, заповнену зернами силікагелю величиною 0,5-1,5 мм. Дроселювальним пристроєм слугує капілярна трубка, виготовлена з міді внутрішнім діаметром 0,8 мм і довжиною 3,2 м, під'єднана однією стороною до фільтра, іншою - до стінки випарника.

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

Принцип роботи машини полягає у наступному. Компресор, що приводиться у дію вмонтованим електродвигуном, відсмоктує 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, одноступенева з повітряним охолодженням конденсатора |
| Холодопродуктивність при температурі води на виході з випарника $ts_2=2^oC$ і температурі повітря на вході в конденсатор, кВт, ккал/ч.<br>$t_{b1}=20^oC$<br>$t_{b1}=25^oC$<br>$t_{b1}=32^oC$ | <br>16.26 (14000)<br>14.59 (12500)<br>13.60 (11200) |
| Витрата води через випарник, $м^3/с$, ($м^3$/год) | $0{,}1665\cdot10^{-2}$ (6) |
| Споживана потужність при $ts_2=2^oC$, мкВт<br>$t_{b1}=20^oC$<br>$t_{b2}=25^oC$<br>$t_{b3}=32^oC$ | <br>6,3<br>6,5<br>6,8 |
| Холодильний агент | R12 |
| Кількість холодильного агента, заправленого в систему, кг | $20 \mp 1$ |
| Застосоване масло | ХФ12-16 |
| 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 |

| Найменування | Значення |
|---|---|
| Тип машини | Холодильна, одноступенева з повітряним охолодженням конденсатора |
| | концентрацією водневих іонів pH 6,5...9…9,5, каламутність не більш 50 мг/л |
| Діапазон роботи машини по температурі навколишнього повітря, $^oC$ | від 5 до 40 |
| По температурі води на виході з випарника, $^oC$ | від 1 до 25 |
| Гранична температура конденсації, $^oC$ | 64 |

**Конструкція і принцип роботи машини**

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

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, стискання 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, подаванимо двома вентиляторами.

Тип конденсатора - ребристий, повітряного охолодження з теплообмінною поверхнею 82 $м^2$, витрата повітря 10000 ±1000 $м^3$/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 спуска повітря з конденсатора.

**Вентилятор** призначений для примусового переміщення повітря через конденсатор з метою відводу теплоти конденсації. Вентилятор осьовий, робоче колесо якого насаджене 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 вентилі, 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°С 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.

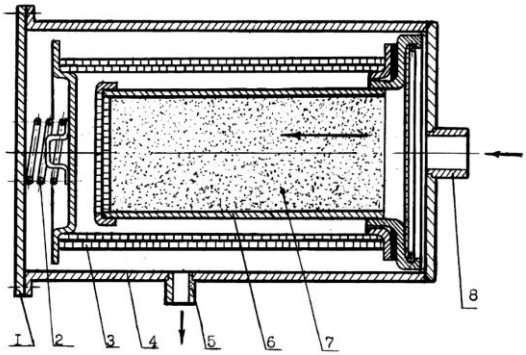



Рис. 4. Схема фільтра-осушувача:1 - кришка; 2 - пружина; 3 - фільтр; 4- корпус фільтра; 5 - трубка; 6- гільза осушувача; 7- силікагель; 8- трубка.

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

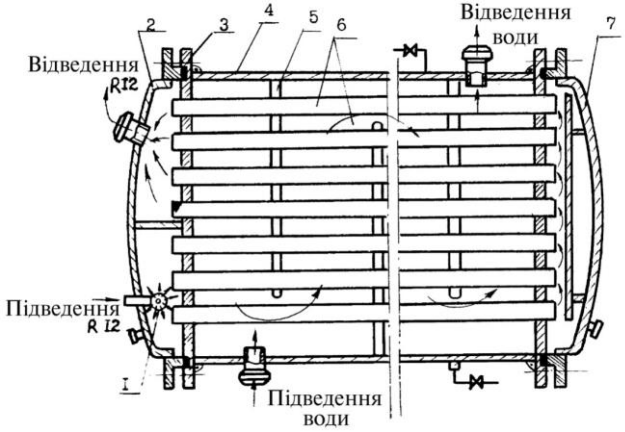



Рис. 5. Схема фреонового випарника типу ИТ із внутрішнім кипінням R12: 1 - форсунка; 2- кришка; 3 - трубні решітки; 4- обечайка; 5 - перегородки; 6 - мідні трубки; 7 - кришка.

Пароріднна 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 напрямок, покращують теплообмін. Пари

холодильного агенту 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 вентилем автоматичної дії. Встановлений перед терморегулюючим вентилем. 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 $^{o}$C і шкалу диференціала в межах від 1,8 до 6$^{o}$C, 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 униз і через штовхачі і голкотримач стискає пружину, відчиняючи клапан. Витрата холодильного агента при цьому зростає, а ступінь перегріву зменшується.

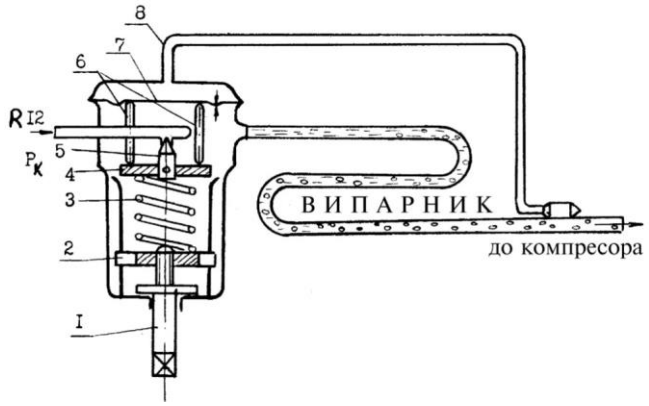


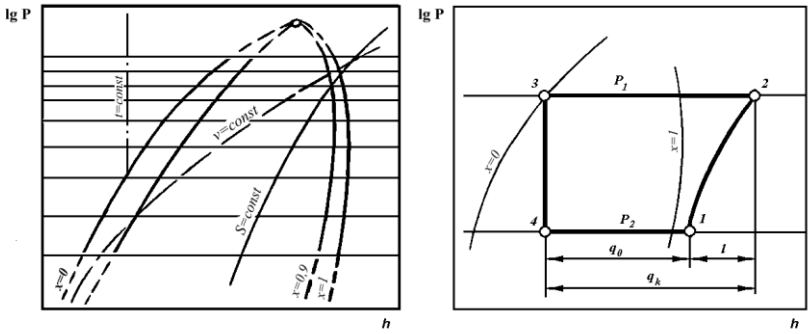

Рис. 6. Схема терморегулюючого вентиля: 1- гвинт; 2- гайка; 3- пружина; 4- шайба; 5- клапан; 6- штовхач; 7- мембрана; 8- капілярна трубка.

**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, слабість). Щільність рідкого *R12* при 0°С-1894 кг/м$^3$. Температура кипіння при атмосферному тиску $t_к$= *-29,8 °С,* температура замерзання $t_з$= *-155 °С.* 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 оберігати 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 станпари холодильного агента на вході в компресор, визначається як точкаперетинуізобари $P_1$ з ізотермою $t_1$, або як перетинання ізобари $P_1$ з верхньою граничною кривою $x=1$ (рисунок 3).

Лінія 1-2 - адіабатний 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 холодильноїустановки.
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

холодильної 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 парокомпресійній 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 холодильного агента: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.19

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.