

Міністерство освіти і науки України



Державний біотехнологічний університет

Методичні вказівки

до практичного заняття

Побудова і розрахунок теоретичного робочого циклу холодильної машини

за курсом «Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв»

Для студентів денної і заочної форми навчання

Затверджено
на засіданні кафедри обладнання та
інжинірингу переробних і харчових
виробництв
Протокол №18 від 27.04.2023р.

Затверджено
на засіданні методичної ради
факультету мехатроніки та інжинірингу
Протокол №4 від 04.05.2023р.

Харків – 2023

П.В. Гурський, О.В.Богомолів, С.Г.Іващенко

Побудова і розрахунок теоретичного робочого циклу холодильної машини: Методичні вказівки до виконання практичного заняття з навчального курсу: Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв. – Х.: ДБТУ, 2023. – 20 с.

Рецензенти:

Михайлов В.М. доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи (Державний біотехнологічний університет)

Потапов В.О. доктор технічних наук, професор кафедри «Холодильна і торгівельна техніка» (Державний біотехнологічний університет)

Методичні рекомендації призначені для допомоги студентам денної та заочної форми навчання при виконанні практичного заняття на тему: Побудова та розрахунок теоретичного робочого циклу холодильної машини.

© Гурський П.В., Богомолів О.В., С.Г.Іващенко, 2023

© Державний біотехнологічний університет, 2023

Практична робота №1

Тема: Побудова і розрахунок теоретичного робочого циклу парової холодильної машини

Мета: Придбати навички в побудові і розрахунку теоретичного робочого циклу холодильної машини з використанням $i-lgr$ діаграми

Теоретичні дані

Теоретичний цикл парової компресійної холодильної машини, що буде розглядатись в даній практичній роботі та в наступних відбувається за допомогою чотирьох основних елементів (рис.1): випарювача ($Вп$), компресора ($Кп$), конденсатора ($Кд$) (включаючи переохолоджувач ($По$)) і регулюючого вентиля ($Рв$). У кожному з них відбувається певний термодинамічний процес. В реальній експлуатації холодильна машина має ще цілий перелік допоміжних апаратів, таких як віддільники рідини, масловіддільники, ресивери, фільтри, насоси, повітроохолоджувачі, вентилятори і т. ін.

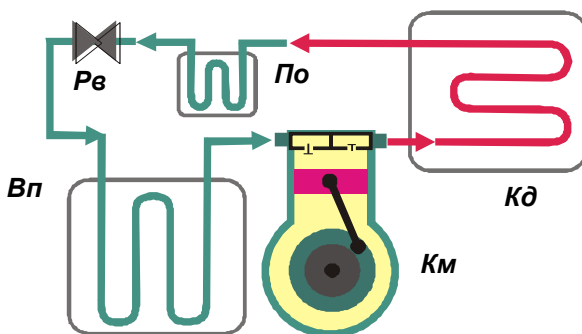


Рисунок 1 – Схема компресійної холодильної машини

Основна перевага парової холодильної компресійної машини полягає в тому, що її робочий цикл в основному протікає в області насичення — між граничними кривими (рис.2). Це дозволяє здійснювати процес з великим наближенням до циклу Карно, тому що в області насичення ізобари збігаються з ізотермами. Процес парової компресійної

машини, що працює по зворотному циклу Карно, протікає в такий спосіб. Робочою речовиною служить легкокипляча рідина (холодильний агент, наприклад аміак з температурою кипіння – $33,3^{\circ}\text{C}$ за атмосферного тиску). В спеціальному трубчастому апараті – випарнику (рис.) при постійному тиску P_0 і відповідною до нього низькою температурою t_0 холодильний агент кипить, причому необхідне для цього тепло відбирається від охолоджуваного приміщення. Пара, що утворюється під час кипіння, з випарника засмоктується компресором, стискаються в ньому і нагнітаються в конденсатор, у якому вона, під впливом охолоджувальної води, конденсуються при постійному тиску P_k і відповідній температурі t_k . Рідкий холодильний агент з конденсатора надходить у регулюючий вентиль, на виході з якого, його тиск знижується від P_k до P_0 , тобто відбувається дроселювання. У результаті чого від знову здатний кипіти у випарнику при низькій температурі і забезпечувати охолодження.

Регулюючий вентиль, що не вносить у процес істотних втрат, дозволяє просто і зручно регулювати подачу робочої речовини у випарник холодильної машини в різних умовах її експлуатації. Процес дроселювання при постійній теплоємності відбувається без здійснення роботи і теплообміну з зовнішнім середовищем.

Втрати холодопродуктивності в регулюючому вентилі залежать, крім того, від температур кипіння і конденсації, у межах яких працює холодильна машина, втрати будуть тим більшими, чим ширші ці межі.

Важливе значення в практичному здійсненні циклу парової холодильної компресійної машини має процес переохолодження рідини. Цей процес полягає в тому, що зріджений у конденсаторі холодильний агент піддається подальшій дії холодної води і, зберігаючи незмінним свій тиск, охолоджується нижче температури конденсації. Процес переохолодження може здійснюватися в самому конденсаторі (за наявності протитоку води і холодильного агенту), а також (головним чином у

великих холодильних установках) у спеціально встановленому апараті — переохолоджувачі.

У результаті переохолодження вміст тепла в рідкому холодильному агенті перед регулюючим вентилям зменшується, завдяки чому зменшується і зайве паротворення в процесі дроселювання.

Характерною рисою описаного циклу парової компресійної машини є усмоктування компресором вологої пари і стискування її в області насичення, тобто «вологий хід» компресора. Такий режим роботи за умови одержання наприкінці адиабатного стискування сухої насиченої пари в теоретичному відношенні є найбільш вигідним, тому що він наближає робочий процес холодильної машини до зворотного циклу Карно. Однак у практичних умовах краще застосовувати «сухий хід» компресора.

Для здійснення сухого ходу компресора пару холодильного агенту з випарника направляють у допоміжний апарат, що називається віддільником рідини. Тут вона звільняється від часток рідини. Рідина, що відокремилася, повертається назад у випарник і там знову кипить, а суха насичена пара надходить у компресор. Всмоктувана пара в компресорі стискується і надходить у конденсатор, у якому спочатку охолоджується до температури насичення і потім конденсується при постійній температурі.

При переході від «вологого ходу» компресора до «сухого ходу» ми маємо, з одного боку, збільшення холодопродуктивності з іншого боку, — збільшення витрат на роботу компресора. Порівняно з циклом Карно перехід в область перегрівання призводить до зниження холодильного коефіцієнта, тому що збільшення холодопродуктивності відбувається при цьому повільніше, ніж збільшення роботи.

У машині ж з регулюючим вентилям, у якій збільшуються витрати роботи і зменшується холодопродуктивність порівняно з циклом Карно, вигідність «сухого ходу» у теоретичному робочому циклі залежить від фізичних властивостей холодильних агентів і умов роботи.

Таким чином, перехід до «сухого ходу» у теоретичному циклі з термодинамічної точки зору є малодоцільним. Але «сухий хід» має дуже важливі переваги в умовах реального процесу. Ці переваги зберігаються за будь-яких режимів роботи незалежно від того, який холодильний агент використовується в холодильній машині.

Основна перевага сухого ходу — значне зменшення інтенсивності теплообміну між холодильним агентом і стінками циліндра компресора. Цей теплообмін приносить велику шкоду, тому що зменшує холодопродуктивність компресора і збільшує витрати роботи на виробництво холоду. Крім того, «сухий хід» усуває можливість аварій, що виникають при «вологодому ході» внаслідок гідравлічних ударів у циліндрі компресора. Усе це змушує відмовлятися від застосування на практиці «вологодого ходу» і переходити на роботу машини з «сухим ходом».

Для розгляду процесів і визначення параметрів холодильного агенту, необхідних для розрахунків холодильної машини, користуються діаграмами і таблицями, складеними на підставі дослідів та розрахунків.

Для холодильних агентів найчастіше використовують діаграми з координатами: (ентальпія – тиск) (рис. 2). Для зручності зображення і користування діаграмою тиск відкладений по логарифмічній шкалі.

На діаграмі зображені області різного стану робочого тіла і дані значення параметрів стану: тиску – p , температури – t , питомого об'єму – v , ентропії – s і ентальпії – i .

Критична точка K діаграми характеризує такий стан, вище якого тіло може бути тільки в стані газу. Нижче критичної точки тіло може знаходитися одночасно в двох станах — рідкому і пароподібному, а при визначених параметрах — у трьох станах – твердому, рідкому і пароподібному (потрійна точка). Нижче потрійної точки тіло може знаходитися одночасно тільки в двох станах – твердому (крига) і газоподібному.

Для більшості холодильних агентів критична точка характеризується високою температурою і тиском, а потрійна точка — дуже низькою температурою і тиском, наприклад

фреон-12 має $t_{кр}=111,5^{\circ}\text{C}$, а $t_{мп}=-155^{\circ}\text{C}$. Для таких холодильних агентів діаграма викреслюється тільки для того інтервалу температур, у якому використовується холодильний агент (область робочих тисків на рис. 2).

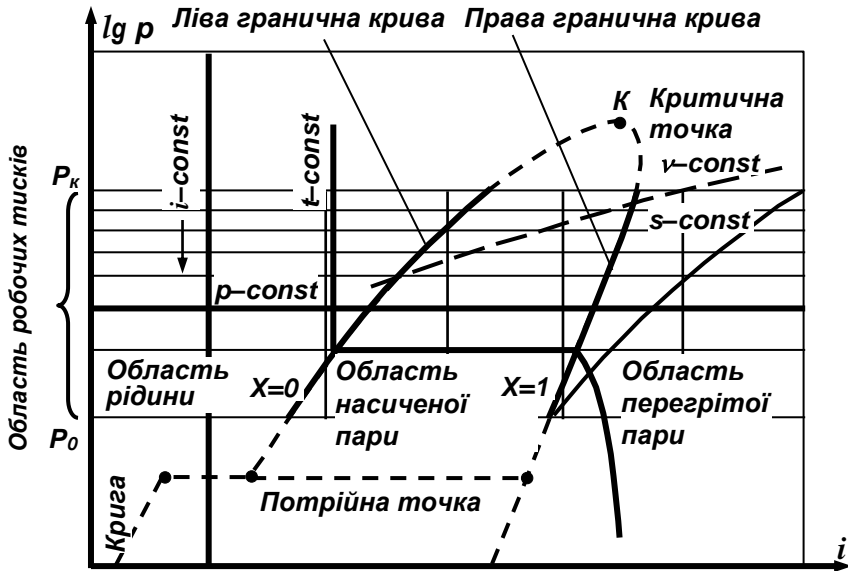


Рисунок 2 – Діаграма холодильних агентів у координатах $i - \lg p$

У випадку підведення тепла до рідини при незмінному тиску вона підігрівається до температури насичення, а потім перетворюється в пару. У процесі кипіння виділяється насичена волога пара, що має температуру киплячої рідини і містить крапельки рідини. При підігріванні насичена пара стає сухою, а потім перегрітою

На діаграмах лінії, що відходять від критичної точки K , називаються граничними кривими, що розділяють діаграму на три окремі області.

Ліва гранична крива розділяє області переохолодженої рідини і насиченої вологої пари. Точки, що лежать на ній, характеризують граничний стан насиченої рідини.

Права гранична крива розділяє області вологої насиченої пари і пари перегрітої. Точки, що лежать на правій граничній

кривій, характеризують граничний стан насиченої сухої пари.

Стан вологої пари характеризується ступенем сухості x . Для насиченої рідини $x = 0$, для сухої пари $x = 1$.

Перетворення рідини в пару (чи пари в рідину) при незмінному тиску протікає без зміни температури, тому в діаграмах лінії постійних тисків в області вологої пари збігаються з лініями постійних температур.

Лінії постійних тисків – ізобари ($p = \text{const}$) - на *i-lgp* діаграмі зображуються горизонтальними прямими, паралельними осі абсцис. У діаграмах, виражених у Міжнародній системі одиниць СІ, тиск приводиться у мегапаскалях (МПа) чи барах (1 бар = 0,1 МПа = 1,0197 кгс/см²), а в діаграмах, виражених у системі одиниць МКГСС, тиск приводиться у кгс/см².

Лінії постійних температур – ізотерми ($t = \text{const}$) – на діаграмі зображуються – ламаними лініями (штрих– пунктирними). В області вологої пари діаграми – це прямі, що збігаються з ізобарами, в області перегрітої пари – криві круто падаючі вниз, а в області рідини – прямі, що круто піднімаються вгору. Значення температури в діаграмах дано за шкалою Цельсія.

Лінії постійних питомих об'ємів пари над поверхнею рідини – ізохори ($v = \text{const}$) - на діаграмі зображуються пунктирними лініями, що мають злам на правій граничній кривій. Поблизу лівої граничної кривої та в області рідини лінії постійних об'ємів не нанесені, тому що питомих об'єм пари настільки малий порівняно з об'ємом рідини (у десятки і сотні разів), що в масштабі діаграми показати його неможливо. Тому значення питомих об'ємів пари для рідини можна визначити тільки по таблицях насиченої пари для відповідних холодильних агентів (див. додатки). У таблицях і діаграмах питомих об'ємів пари виражений у м³/кг, а рідини — у л/кг (таблиці).

Лінії постійних ентропій – адіабати ($s = \text{const}$) – на діаграмі зображуються похилими кривими лініями (на діаграмі суцільні лінії). У діаграмах і таблицях, виражених у системі СІ, ентропія вимірюється в кДж/(кг·К)

Лінії постійних ентальпій – ізоентальпи ($i = \text{const}$) - на діаграмі зображуються вертикальними прямими, рівнобіжними

осі ординат.

Параметри точок, що лежать на граничних кривих, можуть бути визначені як по діаграмах, так і по таблицях насиченої пари холодильних агентів (відповідно до температури чи тиску насичення), а параметри точок, що лежать в області перегрітої пари, можуть бути визначені також по таблицях перегрітої пари. Деякі таблиці і діаграми приведені в додатках.

Абсолютні значення складних параметрів стану (ентропії і ентальпії) у розрахунках не використовують. Характерним є тільки зміна цих параметрів у процесах. Тому ентропію і ентальпію розраховують від умовного початку, що відповідає стану насиченої рідини при 0°C .

Складні параметри зручні при наочному графічному зображенні і для теплових розрахунків. Так, зміна ентропії

$ds = \frac{dq}{T}$ робочого тіла показує напрямок теплоти в процесі.

Зростання ентропії, характеризує підведення тепла до робочого тіла в даному процесі, убування ентропії – відвід тепла, а сталість ентропії – характеризує адіабатичний процес, що протікає без підведення і відведення тепла ззовні. Зростання ентропії в реальних процесах (процесах теплообміну) є мірою незворотності процесів.

Побудова теоретичного циклу холодильної компресійної машини по заданих параметрах

Для розрахунку теоретичного робочого циклу парової холодильної компресійної машини необхідно знати наступні температури: кипіння холодильного агента у випарнику t_o , конденсації t_k і переохолодження рідини перед регулюючим вентилем t_n . Ці температури встановлюють у залежності від температури охолоджуваного приміщення і температури зовнішнього середовища (охолоджувальної води чи повітря).

Температура кипіння t_o при безпосередньому охолодженні холодильним агентом буває на $8...10^{\circ}\text{C}$ нижче температури повітря охолоджуваних камер. При охолодженні проміжним теплоносієм (розсолем) t_o повинна бути на $5...7^{\circ}\text{C}$ нижче

температури розсолу, а остання – на $8...10^{\circ}\text{C}$ нижче температури повітря камер. Температура конденсації t_k повинна бути на $8...10^{\circ}\text{C}$ вище температури води, що надходить на конденсатор, температура переохолодження t_n на $3...4^{\circ}\text{C}$ вище температури води, що надходить в переохолоджувач.

Намітивши основні температури, можна побудувати теоретичний цикл і розрахувати його, тобто визначити теоретичну холодопродуктивність l кг холодильного агенту, витрату роботи в компресорі та інші, зв'язані з ними величини.

Холодильні цикли зручніше за все розраховувати за допомогою термодинамічних діаграм.

Найбільш зручною для розрахунків є *i-lgp-діаграма* (рис. 3). На цій діаграмі по осі абсцис відкладені ентальпії i , а по осі ординат – абсолютний тиск p . Для шкали тисків дуже часто застосовують логарифмічний масштаб.

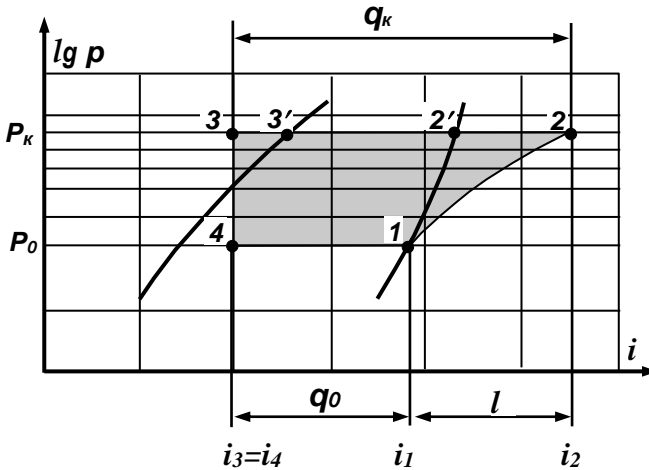


Рисунок 3 – Теоретичний цикл холодильної машини на *i-lgp-діаграмі*

Теоретичний робочий цикл холодильної машини на *i-lgp-діаграмі* будується в такий спосіб. По заданій температурі кипіння t_o і відповідному їй тиску p_o знаходимо на правій граничній кривій точку 1 (рис.4), що визначає стан холодильного агенту (суха насичена пара) при вході в компресор.

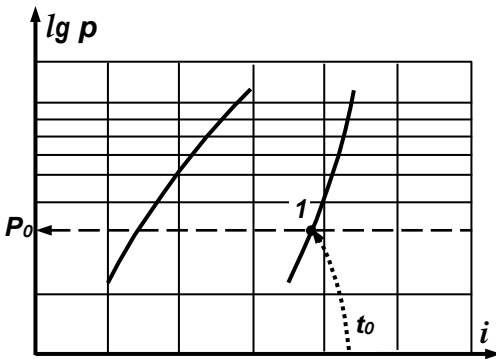
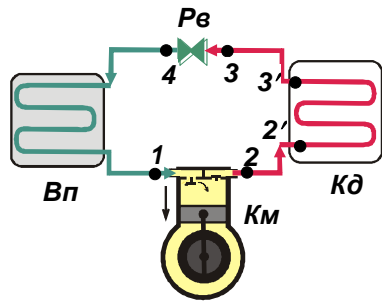


Рисунок 4 – Знаходження точки 1



Стискування в компресорі відбувається по адіабаті ($s = \text{const}$) (рис.2). Для знаходження точки 2 проводимо адіабату з точки 1 в область перегрітої пари (рис.5) до перетину з ізобарою p_k , що відповідає заданій температурі конденсації t_k .

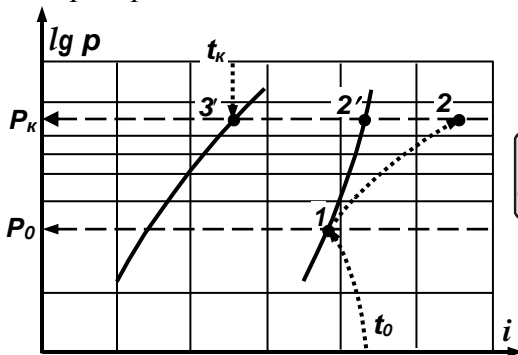
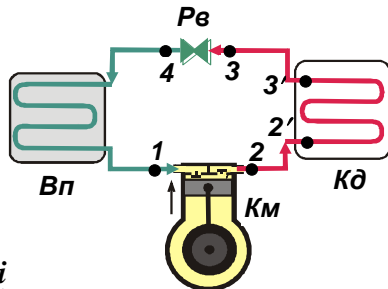


Рисунок 5 – Знаходження точок 2; 2'; 3'



Отримана точка 2 визначає стан холодильного агента при виході з компресора і вході в конденсатор. Процес у конденсаторі протікає при постійному тиску і на діаграмі зображується горизонтальною прямою 2'-3' (рис.5). На ділянці 2-2' відбувається охолодження перегрітої пари до температури конденсації t_k , потім холодильний агент конденсується до точки 3' на лівій граничній кривій (лінія 2'-3') і далі переохолоджується (рис.6) відносно температури конденсації (лінія 3'-3).

Точка 3 характеризує стан холодильного агенту перед регулюючим вентиляем. Вона визначається перетином ізобари p_k з ізотермою t_n в області рідини (рис.6). Процес дроселювання, як відомо, протікає без виконання зовнішньої роботи і теплообміну з зовнішнім середовищем, тому відбувається за постійної ентальпії. На діаграмі він зображається вертикальною прямою 3–4, для якої $i = const$ ($t_3 = t'_4$).

Для знаходження точки 4 проводимо вертикальну пряму з точки 3 до перетину з ізбарою p_0 . Отримана точка 4 визначає стан холодильного агенту при виході з дросельного вентиля і вході у випарювач.

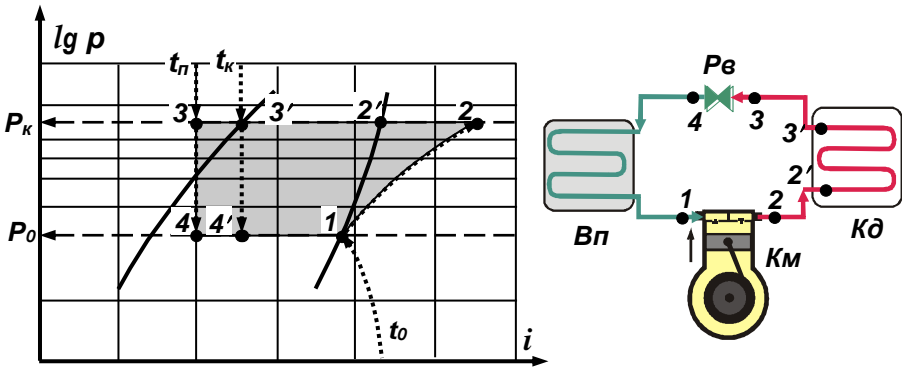


Рисунок 6 – Знаходження точок 3; 4

Таким чином, усі процеси теоретичного робочого циклу, за винятком процесу стискування в компресорі та частини ізотерми в області перегрітої пари, на *i-lgp-діаграмі* зображуються прямими лініями. Основні розрахункові величини вимірюються відрізками прямих на осі абсцис.

Розрахунок теоретичного циклу

Розрахуємо теоретичний робочий цикл, компресорної холодильної установки користуючись *i-lgp-діаграмою* для холодильного агенту аміаку. Питома холодопродуктивність ($кДж/кг$) одного кілограма холодильного агенту визначається як різниця ентальпій у точках 1 і 4 за формулою:

$$q_0 = i_1 - i_4 \quad (1)$$

На ентальпійній діаграмі (рис. 2) холодопродуктивність зображена відрізком ізобари 4–1. За відсутності переохолодження вона була б меншою на величину відрізка 4–4', тобто визначалася б відрізком 4'–1.

Теоретична робота 1 кг агенту (кДж/кг), що затрачується при адіабатному стискуванні в компресорі, визначається різницею ентальпій у точках 2 і 1:

$$l = i_2 - i_1 \quad (2)$$

Графічно на *i-lgp-діаграмі* роботі *l* відповідає проекція адіабати 1–2 на вісь абсцис (рис.2).

Тепло, віддане від 1 кг холодильного агенту охолоджуваній воді чи повітрю в конденсаторі (ізобара 2–3), за законом збереження енергії дорівнює сумі $q_k = q_0 + l$. Також воно може бути визначене як різниця ентальпій холодильного агенту (рис. 2) в точках 2 і 3 за формулою:

$$q_k = i_2 - i_3 \quad (3)$$

На *i-lgp-діаграмі* це тепло зображається відрізком 2–3. Далі знаходимо:

а) холодильний коефіцієнт циклу за формулою:

$$\varepsilon_{\text{теор}} = \frac{q_0}{l} \quad (4)$$

б) кількість холодильного агенту (кг/год), що усмоктується компресором протягом 1 год. (годинна кількість циркулюючого холодильного агенту) визначається за формулою:

$$G = 3,6 \frac{Q_0}{q_0}, \quad (5)$$

де Q_0 — задана холодопродуктивність машини, Вт.

в) обсяг пари ($\text{м}^3/\text{год}$), всмоктуваної компресором за 1 год:

$$V = G v_1, \quad (6)$$

або з використанням формули 5:

$$V = 3,6 \frac{Q_0}{q_v} \nu_1 = 3,6 \frac{Q_0}{q_v}, \quad (7)$$

де ν_1 – питомий об'єм пари, $\text{м}^3/\text{кг}$, що всмоктується компресором, знаходять по діаграмі (ізохора, що проходить через точку 1) чи з таблиць для насиченої пари;

q_v – об'ємна холодопродуктивність холодильного агенту, $\text{кДж}/\text{м}^3$.

$$q_v = \frac{Q_0}{\nu_1} \quad (8)$$

За величиною V визначаються розміри компресора.

г) теоретична потужність (кВт), витрачена в компресорі:

$$N_{\text{теор}} = \frac{Gl}{3600} = \frac{Q_0}{1000 \varepsilon_{\text{теор}}} \quad (9)$$

д) теплове навантаження (кВт) конденсатора (з рівняння теплового балансу):

$$Q = Q_0 + N_{\text{теор}} \cdot 1000 = Q_0 + \frac{Q_0}{\varepsilon_{\text{теор}}} = Q_0 \frac{\varepsilon_{\text{теор}} + 1}{\varepsilon_{\text{теор}}} \quad (10)$$

Хід роботи

1. Вивчити дану інструкцію.
2. З таблиці 1 варіантів вибрати вихідні дані.
3. Побудувати на *i-lgp-діаграмі* теоретичний робочий цикл холодильної машини.
4. На діаграмі знайти відсутні величини для розрахунків і заповнити таблицю 2.
5. Розрахувати теоретичний робочий цикл холодильної машини.
6. Виконати аналіз отриманих результатів – висновок.

Таблиця 1 – Варіанти завдань для роботи

№ варіанта	Холодильний агент	$t_o, ^\circ C$	$t_k, ^\circ C$	$t_n, ^\circ C$	$Q_o, Вт$
1	NH ₃	-6	+35	+5	20000
2		-10	+30	0	40000
3		-16	+25	+5	35000
4		-8	+30	+5	30000
5		-15	+30	0	25000
6		-5	+20	+5	22000
7		-10	+30	-2	45000
8		-12	+28	+10	10000
9		-18	+30	+10	28000
10		-8	+25	0	42000

Форма звіту

Тема:

Мета:

Вихідні дані (таблиця 1).

Ескіз теоретичного робочого циклу в *i-lgp-діаграмі* із знаходженням усіх величин для розрахунку (таблиця 2).

Ескіз схеми холодильної машини з точками процесу.

Теоретичні розрахунки робочого циклу.

Висновок.

Таблиця 2 – Додаткові дані для розрахунку

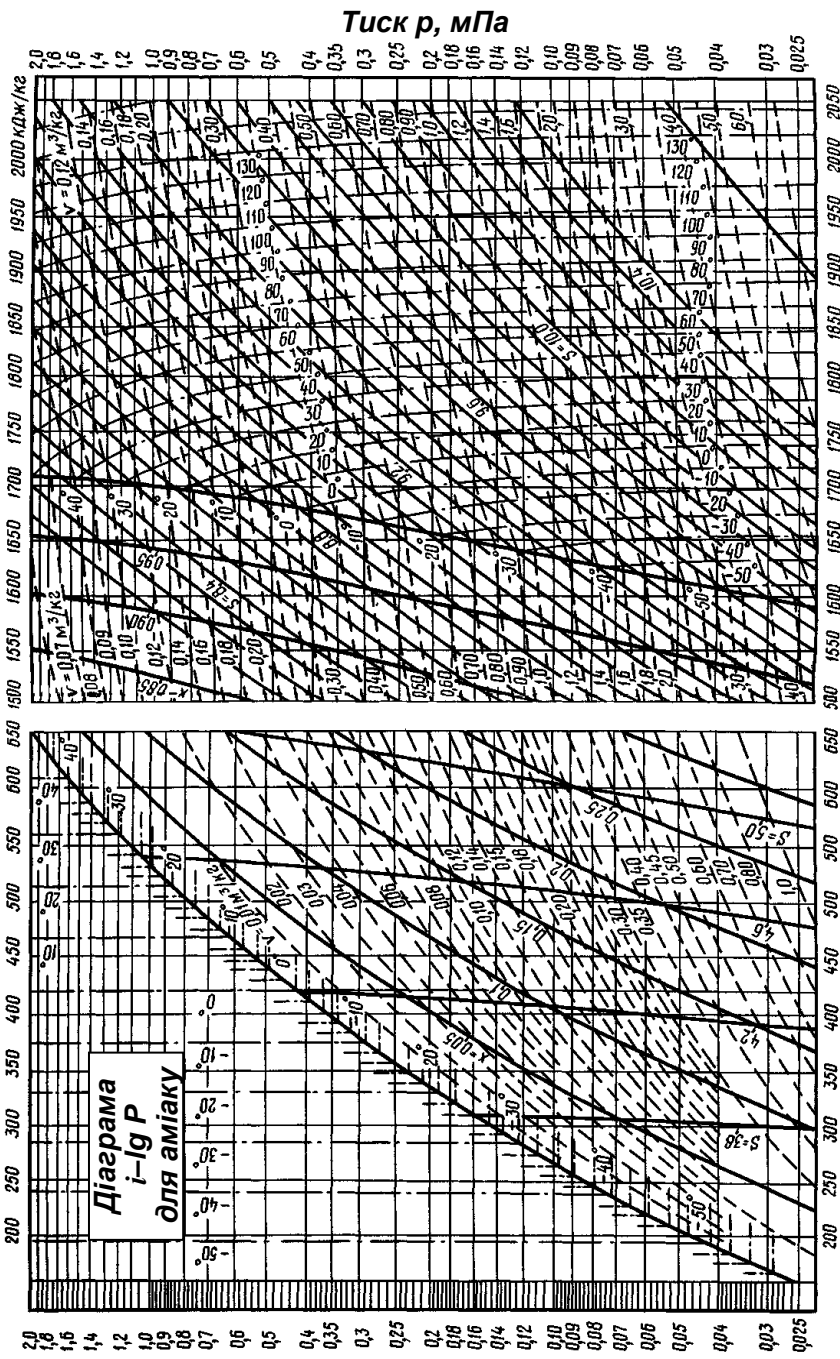
№ точки на діаграмі	Параметри холодильного агенту				
	t	p	ν	i	s
1					
2					
2'					
3'					
3					
4					

Контрольні запитання.

1. Які процеси відбуваються у випарнику, компресорі, конденсаторі та регулюючому вентилі парової компресійної холодильної машини?
2. Що таке холодильний коефіцієнт?
3. Що називається питомою, масовою та об'ємною холодопродуктивністю?
4. Чому цикл холодильної машини стає більш ефективним із застосуванням процесу переохолодження рідини після конденсатора перед регулюючим вентиляем?
5. Що таке "сухий хід" компресора і для чого він вводитьься?
6. Як впливає "сухий хід" на економічність холодильного циклу?
7. Які процеси відбуваються в регенеративному теплообміннику? Для яких холодоагентів доцільно його застосовувати?
8. Для яких цілей застосовується в холодильній машині регулюючий вентиль?

Література

1. Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв: Практикум /Гурський П.В., Богомолів О.В., Бредихін В.В. та ін./ Х.: ТОВ «Діса плюс», 2019. – 256 с
2. Кондиціонування та вентиляція повітря:Текст лекцій / Е. Г. Братута, А.М. Ганжа, О. В. Круглякова, В. В. Чубарова Харків : НТУ «ХП», 2009. –128 с.
3. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. М.: АСВ, 2001. 564 с.
4. Еркін А.П., Коренев А.М., Харитонов В.П.. Устройство и эксплуатация холодильных установок, Пищевая промышленность. -М.: 1980. -310 с.
5. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование./под ред.проф. Б.М.Хрусталева –М.: АСВ, 2008. –784 с.
6. Воробьева Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие. В 2-х частях. Ч. 1 / Воробьева Н.Н.; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2006. - 164 с.
7. Воробьева Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие. В 2-х частях. Ч. 2 / Воробьева Н.Н.; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2006. - 104 с.
8. А.Беккер Системы вентиляции. М.: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с.
9. Пигарев В.Е., Архипов П.Е. Холодильные машины и установки кондиционирования воздуха:Учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. /Под ред. В.Е. Пигарева. –М.: Маршрут, 2003. – 424 с.
10. Цуранов О.А., Крысин А.Г. Холодильная техника и технология. /под ред. Проф В.А.Гуляева. –СПб.:Лидер, 2004.–448 с.
11. Мещеряков Ф.Е. Основы холодильной техники и холодильной технологии. -М.: Пищевая промышленность, 1975. -560 с.
12. Справочник. Применение холода в пищевой промышленности. -М.: Пищевая промышленность, 1975. -271 с.



Навчальне видання

Гурський П.В.,
Богомолів О.В.,
Іващенко С.Г.

Методичні вказівки

до практичного заняття

Побудова і розрахунок теоретичного робочого циклу холодильної машини

з курсу «Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв»

Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв

Для студентів денної та заочної форми навчання

Комп'ютерний набір та верстка: П.В.Гурський

Підп. до друку 05.05.23

Формат паперу 60x84 1/16 Обл. - вид. арк. 1,5

Тираж 100 Ризограф TR 1510 № 80654645

ДБТУ, 61001, м. Харків, пр. Героїв Харкова 45, кім.212

Підготовлено та надруковано кафедрою «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв»
Державного біотехнологічного університету

