

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
Кафедра технічної теплофізики

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

здобувача за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»  
за освітньо-професійною програмою  
«Холодильні машини і установки»

на тему: «Розрахунок конденсатора для системи гарячого водопостачання  
на базі теплонасосної установки»

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

Виконавець роботи

**Барна Святослав Михайлович**

*В роботі не виявлено текстових,  
ілюстративних та інших запозичень без  
коректного на них посилання*

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Мелейчук С.С.,  
к.т.н, доцент

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Ванєєв С. М.**

(прізвище, ініціали)

**к.т.н., доцент, зав. кафедри ТТФ**

(науковий ступінь, звання, посада)

Суми 2022

1. ВСТУП.....	3
2. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ.....	10
2.1. Вихідні дані.....	10
2.2. Принципова схема системи гарячого водопостачання.....	10
2.3. Розрахунок циклу та інтегральних параметрів ТНУ.....	13
2.4. Загальне уявлення про пластинчастий теплообмінник.....	18
2.5 Тепловий та конструктивний розрахунок пластинчастого конденсатору.....	25
3. Охорона праці.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Барна			Розрахунок конденсатора для системи гарячого водопостачання на базі теплонасосної установки	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Мелейчук					2	43
Н. контр.						ХКдн-84др		
Затв.		Ванєєв						

## 1. ВСТУП

Одним з перспективних напрямів в області заощадження енергоресурсів, як в рамках національної економіки, так і в межах енергоспоживання окремих підприємств, є застосування теплонасосних систем.

Основна системна перевага теплових насосів в порівнянні з іншими теплоджерелами полягає в можливості використання в теплопостачанні потоків низькопотенційних вторинних енергоресурсів і природної теплоти. Перехід до теплонасосної технології утилізації вторинних енергоресурсів пов'язаний з певними капітальними витратами, і тому вимагає виконання техніко-економічної оцінки очікуваних результатів.

Проблема забезпечення потреби в паливно-енергетичних ресурсах включає комплекс завдань по пошуку і розробці альтернативних джерел енергії і впровадження раціональних способів зниження їх втрат.

Одним з ефективних способів економії паливних ресурсів, а також захисту навколишнього середовища є широке впровадження теплонасосних установок, в яких низькопотенціальні теплові потоки перетворюються в потоки з вищим температурним рівнем.

Тепловим насосом називається технічна система, що реалізовує підвищуючу термотрансформацію низькопотенційного теплового потоку.

Теплові насоси не є теплогенеруючими пристроями і не виробляють енергію у формі тепла. Навпаки, здійснюваний в теплових насосах теплоперенос можливий лише з витратою енергії, форма якої залежить від принципу покладеного в основу їх функціонування.

Теплові насоси дозволяють використовувати поновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища на потреби більш високотемпературного об'єкта.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Основні області застосування теплових насосів: системи гарячого водопостачання, опалювання, цілорічного кондиціонування повітря, а також ряд промислових технологій,

Тепловий насос не є автономно працюючим пристроєм, а є основним компонентом більш загальної системи під назвою теплонасосна установка, в яку окрім теплового насоса входять устаткування, прилади і комунікації, що забезпечують експлуатаційні зв'язки теплового насоса з низькопотенційними джерелами теплоти і об'єктами споживання навантаження [1, 2].

Джерела низькопотенційної теплової енергії.

Тепловий насос призначений для використання енергії, яка отримується від джерела тепла низької температури. Теплові, енергетичні та економічні характеристики теплових насосів тісно взаємопов'язані з характеристиками джерел, у тому числі насоси беруть тепло. Ідеальне джерело тепла має давати стабільну високу температуру протягом опалювального сезону, не бути корозійним та забруднюючим, мати сприятливі теплофізичні характеристики, не вимагати суттєвих інвестицій та витрат на обслуговування. Найчастіше наявне джерело тепла є ключовим фактором, що визначає експлуатаційні характеристики теплового насоса.

Як джерела тепла в невеликих системах на базі теплових насосів широко використовуються зовнішнє і повітря, що відводиться, ґрунт і підґрунтова вода, для систем великої потужності застосовуються морська, озерна і річкова вода, геотермічні джерела і ґрунтові води.

## 2.1. Повітря.

Зовнішнє повітря, будучи абсолютно безкоштовним і загальнодоступним, є джерелом тепла. Проте теплові насоси, що застосовують саме повітря, мають фактор сезонного навантаження (SPF) в середньому нижче на 10-30% порівняно з водяними тепловими насосами. Це пояснюється такими обставинами:

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- швидким зниженням потужності та продуктивності з падінням зовнішньої температури;
- відносно великою різницею температур конденсації та випаровування в період мінімальних зимових температур, що загалом знижує ефективність процесу;
- енерговитратами на розморожування випарної батареї та функціонування відповідних вентиляторів.

В умовах теплого та вологого клімату на поверхні випарника в діапазоні від 0 до 6 ° С утворюється мряка, що веде до зниження потужності та продуктивності теплового насоса. Інші зменшують площу вільної поверхні та перешкоджає проходженню повітря. Як наслідок, знижується температура випаровування, що, у свою чергу, сприяє наростанню інію та подальшому неухильному зниженню продуктивності аж до можливої повної зупинки агрегату внаслідок спрацьовування контрольного датчика низького тиску, якщо раніше не буде усунуто зледеніння.

Розморожування батареї здійснюється шляхом інверсії охолоджуючого циклу чи іншими, хоч і менш ефективними способами.

Енергоспоживання має тенденцію до зростання. Загальний коефіцієнт продуктивності COP скорочується із збільшенням частоти розморожування. Застосування спеціальної системи контролю, що забезпечує розморожування на вимогу (тобто коли воно фактично необхідне), а не періодичне, може суттєво підвищити загальну ефективність.

Ще одне джерело тепла в житлових і торговельно-адміністративних спорудах - вентиляційне повітря, що відводиться. Тепловий насос регенерує тепло з повітря, що відводиться і забезпечує приготування гарячої води або теплого повітря для опалення приміщень. У цьому випадку, однак, потрібне постійне вентиляювання протягом усього опалювального сезону або навіть цілого року, якщо передбачено кондиціонування приміщень у літній період. Існують апарати, в яких конструктивно спочатку закладена можливість

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

використання і відведеного вентиляційного, і зовнішнього повітря. У деяких випадках теплові насоси, що застосовують повітря, що відводиться, використовуються в комбінації з рекуператорами "повітря-повітря".

Повітря як універсальний теплоносіє використовують у великих установках цілорічного кондиціонування. Він має низькі значення коефіцієнтів тепловіддачі, тому для зменшення поверхні випарника доводиться знижувати температуру кипіння робочого тіла, внаслідок цього зменшується ступінь досконалості теплонасосної установки. Дані випробування таких установок, що використовують повітря як джерело тепла, свідчать, що середній коефіцієнт за опалювальний сезон не перевищує 2 - 2,5. У періоди пік, тобто при епізодично низьких температурах зовнішнього повітря, включають запасні електронагрівачі. Найкращим способом боротьби з інієм є його автоматичне розморожування, що проводиться періодично.

### **Вода.**

Найбільш доцільним є застосування відходів теплої води промислових підприємств, у тому числі циркуляційної води теплових електростанцій та ін. Крім того, використовують також природні гарячі джерела в курортних місцевостях.

Зважаючи на великі витрати вживання міської води неекономічне. Однак водні джерела із порівняно глибоких шарів ґрунту, що мають температуру близьку до середньорічної, забезпечують вищий коефіцієнт перетворення  $m$  порівняно з повітрям.

Підґрунтові води є у багатьох місцях, вони мають досить стабільну температуру в діапазоні від 4 до 10 °С. Для використання води як джерела тепла застосовуються, головним чином, відкриті системи: підґрунтова вода відкачується і подається на теплообмінник системного агрегату, де у води відбирається частина тепла, що міститься в ній. Вода, охолоджена таким чином, відводиться в зливну криницю або в поверхневі води. Відкриті системи

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

вимагають найретельнішого проектування з метою запобігання проблемам із замерзанням, корозією та накопиченням відкладень.

Великим недоліком теплових насосів, що працюють на підґрунтових водах, є висока вартість робіт з монтажу водозабору. Крім того, слід враховувати вимоги, часом дуже жорсткі, місцевих адміністрацій у питаннях організації стічних вод.

Річкова та озерна вода з теоретичної точки зору є дуже привабливим джерелом тепла, але має один істотний недолік – надзвичайно низьку температуру в зимовий період (вона може наближатися до 0 °С). Якщо використовуються вода річок, озер та морів, то в зимовий період вона може замерзати на стінках випарника. З цієї причини потрібна особлива увага при проектуванні системи з метою запобігання заморожування випарника.

Морська вода представляється в деяких випадках відмінним джерелом тепла і використовується в основному середніх і великих системах. На глибині від 25 до 50 м морська вода має постійну температуру в діапазоні від 5 до 8 °С. І, зазвичай, проблем із утворенням льоду немає, оскільки точка замерзання тут від -2 до -10 °С. Є можливість використовувати системи прямого розширення, так і системи з розсолем. Важливо лише використовувати теплообмінники та насосні агрегати, стійкі до впливу корозії, та запобігати накопиченню відкладень органічного характеру у водозабірному трубопроводі, теплообмінниках, випарниках та ін.

Ґрунтовим водам властива відносно висока та стабільна протягом року температура. Основні обмеження тут можуть становити відстань транспортування та фактичні ресурси, обсяг яких може змінюватись. Прикладами можливих джерел тепла в даній категорії носіїв можна вважати ґрунтові води на каналізаційних ділянках (очисні та інші водостоки), промислові водостоки, водостоки ділянок охолодження промислових конденсаторів або виробництва електроенергії.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

## Ґрунт.

Ґрунт застосовують як природне джерело тепла для зимового опалення та літнього кондиціонування. Змійовики випарника закладають у ґрунт, причому вигідно використовують його зонну здатність, що акумулює. За практичними даними коефіцієнт  $m$  становить від 2,2 до 3,2 залежно від зовнішніх умов. Величини теплопередачі у ґрунті переважно залежить від його вологості.

Теплові насоси, що використовують ґрунт як джерело тепла, застосовуються для обслуговування житлових та торговельно-адміністративних споруд. Ґрунт, як і підґрунтові води, має одну перевагу – відносно стабільну протягом року температуру. Тепло відбирається трубами, покладеними в землю горизонтально або вертикально (спіралеподібно). Можуть використовуватись:

- системи прямого розширення з охолодною рідиною, що випаровується в міру циркуляції в контурі трубопроводу, заглибленого в ґрунт;
- системи з розсольною рідиною, що прокачується трубопроводом, заглибленим в ґрунт.

У цілому, нині теплові насоси розсольного типу мають нижчу продуктивність проти агрегатів першого типу, через те, що відбувається "подвійного" теплообміну (ґрунт - розсіл, розсіл - холодоагент) і енерговитрат забезпечення роботи циркуляції розсолу, хоча обслуговувати такі системи значно простіше.

Теплова ємність ґрунту варіюється в залежності від його вологості та загальних кліматичних умов конкретної місцевості. Внаслідок відбору тепла під час опалювального сезону його температура знижується.

У разі холодного клімату більшість енергії видобувається у вигляді латентного тепла, коли ґрунт промерзає. У літній період під дією сонця температура ґрунту знову піднімається, і з'являється можливість повернутися

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



до початкових умов. Теплові насоси, що діють за таким принципом, зазвичай називають геотермічними, оскільки тут не задіяно радіогенне тепло землі, що міститься в глибинних скельних породах.

Геотермічними (скельними) джерелами можна користуватися в регіонах, де підґрунтових вод мало чи вони відсутні зовсім. Тоді потрібно пробурити колодязі глибиною від 100 до 200 м. Якщо потрібно забезпечити високу теплову потужність, колодязі буряться під певним нахилом таким чином, щоб дістатися і впертися у великий скельний масив. Для таких теплових насосів також застосовується розсільна рідина та пластмасовий зварний трубопровід, що витягує тепло зі скелі. У деяких системах скельна порода використовується для акумулювання тепла або енергії, що охолоджує. Через високу вартість бурових робіт скельні породи обслуговування житлового сектора застосовуються досить рідко.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		9

## 2. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ ТЕПЛОАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

### 2.1. Вихідні дані

В теперішній час існує практика заміни системи централізованого гарячого водопостачання, що живиться від ТЕЦ, на систему гарячого водопостачання (ГВП), яка живиться від теплоасосної установки. У такому випадку можлива робота системи ГВП у оптимальних з точки зору параметрів коефіцієнта перетворення в діапазоні температур від  $35^{\circ}\text{C}$  до  $55^{\circ}\text{C}$ . При необхідності забезпечення більш високої температури необхідно забезпечити додаткове підігрівання води за допомогою ТЕНів.

Для розрахунку системи гарячого водопостачання необхідно задати основні теплотехнічні параметри, що визначають розрахунок теплоасосної установки:

- температура санітарної води на вході в систему ГВП  $t_{B1} = 15^{\circ}\text{C}$ ;
- температура санітарної води на виході з системи ГВП  $t_{B2} = 45^{\circ}\text{C}$ ;
- норма витрати води  $V_B = 30\text{ л/особа}$ ;
- кількість працівників  $n = 50\text{ осіб}$ ;
- тривалість робочої зміни  $\tau = 8\text{ год}$ ;
- кількість робочих змін на добу  $w = 3$

### 2.2. Принципова схема системи гарячого водопостачання

Принципова схема системи гарячого водопостачання представлена на рисунку 2.1

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		10

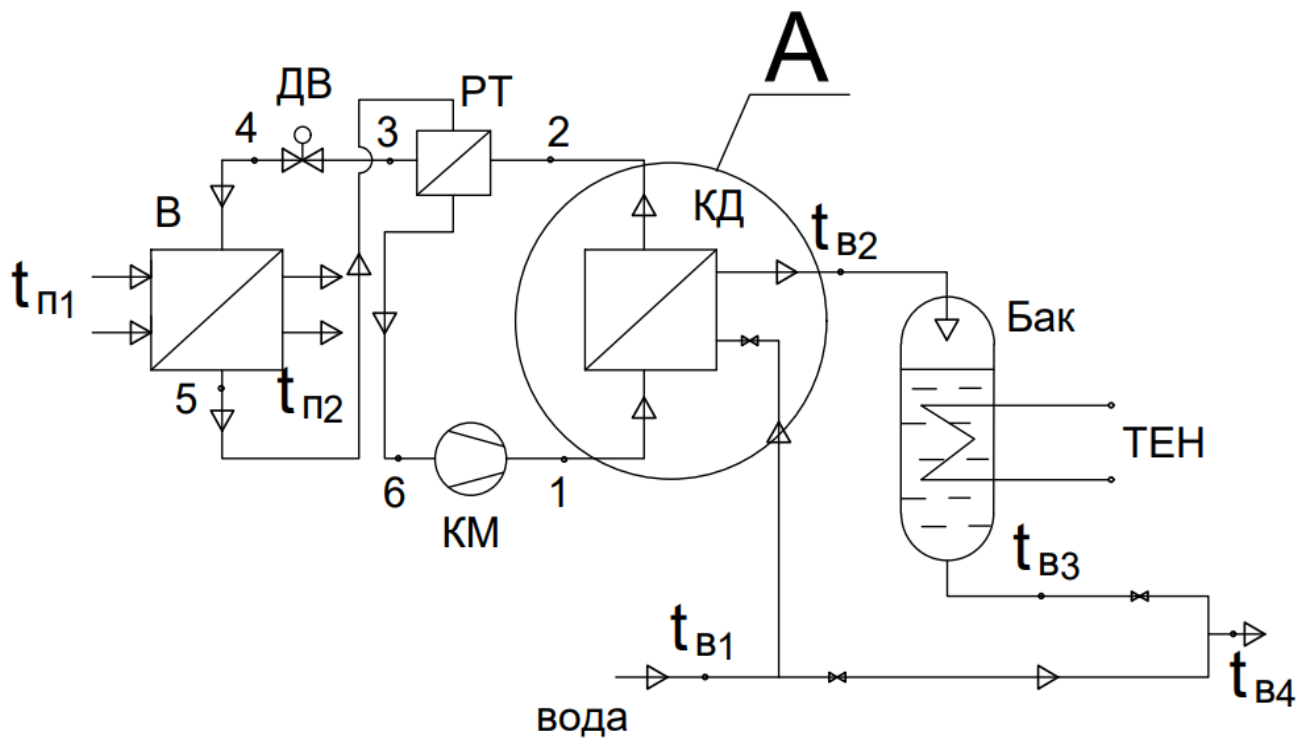


Рисунок 2.1 – Принципова схема системи гарячого водопостачання з використанням ТНУ:

*КМ* – компресор ТНУ;

*ТЕН* – термоелектронагрівач

*КД* – конденсатор;

*В* – випарник;

*РТ* – регенеративний теплообмінник;

*Бак* – бак забору гарячої води

*ДВ* – дросельний вентиль;

Конденсаторний вузол теплонасосної установки представлено на рисунку 2.2 схема А.

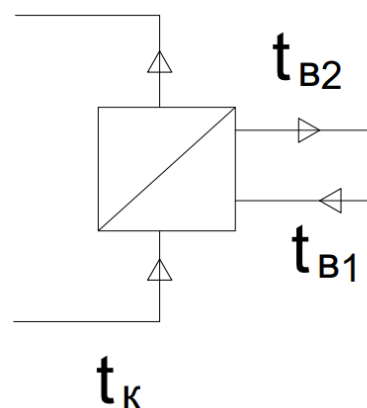


Рисунок 2.2 – Конденсаторний вузол теплонасосної установки

Температура санітарної води на вході в систему ГВП  $t_{B1} = 15^{\circ}C$   
 температура санітарної води на виході з системи ГВП  $t_{B2} = 45^{\circ}C$ ; враховуючи  
 недорукування в теплообмінному апараті розрахункова температура  
 конденсації складає  $t_K = 50^{\circ}C$ .

Головним критерієм для теплового розрахунку конденсатора є  
 визначення теплового навантаження, що виходить з потреб системи гарячого  
 водопостачання (ГВП): кількості працівників, добового споживання,  
 тривалості робочих змін та кількості змін на добу.

$$\dot{Q}_{KD} = m_B c_P (t_{B2} - t_{B1}), \text{ кВт},$$

де  $m_B$  – масова витрата санітарної води, кг/с

$c_P$  – ізобарна теплоємність води,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

Масова продуктивність води системи ГВП:

$$m_B = \frac{V_B \cdot n \cdot 3600}{\rho_B \cdot W \cdot \tau} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 3600}{998 \cdot 3 \cdot 24} = 0,23 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Теплове навантаження на конденсатор

$$\dot{Q}_{KD} = 0,23 \cdot 4,19(45 - 15) = 28,9 \text{ кВт}$$

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		12

### 2.3. Розрахунок циклу та інтегральних параметрів ТНУ

Розрахунок циклу ТНУ проводимо для схеми одноступеневої фреонової парокомпресійної теплового насосу з регенеративним теплообмінником (рис. 2.3).

Вихідні дані:

Теплопродуктивність	$\dot{Q}_{кД} = 28,9 \text{ кВт}$
Середовище системи опалення	мережева санітарна вода
Температура мережевої води на вході	$t_{B1} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура мережевої води на виході	$t_{B2} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура навколишнього повітря на вході у випарник	$t_{П1} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$
Утилізоване середовище	атмосферне повітря навколишнього середовища
Відносна вологість атмосферного повітря	60 %

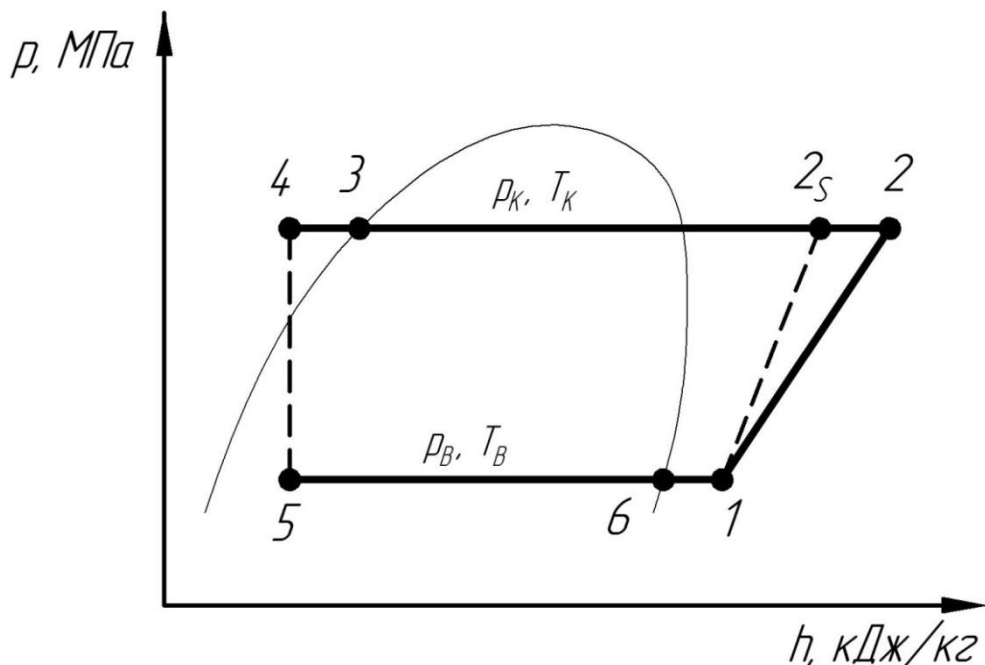


Рисунок 2.3 – Цикл одноступеневої ТНУ в  $p,h$ -координатах

Визначення розрахункових температур:

Температура у випарнику визначається за рахунок недорекуперації в теплообміннику на рівні  $\Delta t_B = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$\text{Тобто } t_B = (t_{II} - t_{III}) - \Delta t_B = (5 - 3) - 5 = -3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Із випарника виходить суха насичена пара (точка б знаходиться на правій примежовій кривій).

Температура конденсації в конденсаторі стала і визначається температурними параметрами мережі системи гарячого водопостачання:

$$t_K = t_{B2} + \Delta t_K = 45 + 5 = 50 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура пари холодоагенту на вході до компресора  $t_1 = t_B + 10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Стан холодоагента в точці 4 визначають із теплового балансу регенеративного теплообмінника РТ:  $h_3 - h_4 = h_1 - h_6$ .

$$\text{Звідки визначається ентальпія } h_4 = h_3 + h_6 - h_1.$$

Температура холодильного агенту на виході із компресора:

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_s}.$$

$$h_2 = 435 + \frac{475 - 435}{0,75} = 489 \text{ кДж / кг}$$

Розрахунки проводимо за допомогою *ph-діаграми* для холодильного агенту R410a, як найбільш розповсюдженого для теплоносних установок даного температурного діапазону роботи.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.1.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		14

Таблиця 2.1 – Питомі параметри у характерних точках циклу

Параметр	Точки						
	1	2s	2	3	4	5	6
$p$ , бар	7	30	30	30	30	7	7
$t$ , °C	7	81	92	50	43	-3	-3
$h$ , кДж/кг	442	475	489	285	273	273	430

За результатами вищенаведених табличних даних розраховуються питомі параметри ТНУ.

Питоме навантаження на конденсатор:

$$q_{кд} = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг}.$$

$$q_{кд} = 489 - 285 = 204 \text{ кДж/кг}$$

Питоме навантаження на випарник:

$$q_B = h_6 - h_5, \text{ кДж/кг}.$$

$$q_B = 430 - 273 = 157 \text{ кДж/кг}$$

Питоме навантаження на регенеративний теплообмінник:

$$q_{PT} = h_1 - h_6, \text{ кДж/кг}.$$

$$q_{PT} = 442 - 430 = 12 \text{ кДж/кг}$$

Питома адіабатна робота компресора:

$$l_s = h_{2s} - h_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$l_s = 475 - 442 = 33 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Питома дійсна робота компресора:

$$l = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг}.$$

$$l = 489 - 442 = 47 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

$$\dot{Q}_{\text{КД}} = \dot{Q}_T, \text{ кВт}.$$

Масова продуктивність холодильного агента:

$$m_a = \frac{\dot{Q}_{\text{КД}}}{q_{\text{кд}}}, \text{ кг/с}.$$

$$m_a = \frac{28,9}{204} = 0,137 \text{ кг/с}$$

Теплове навантаження на регенеративний теплообмінник:

$$Q_{\text{РТ}} = m_a \cdot q_{\text{РТ}}, \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{РТ}} = 12 \cdot 0,137 = 1,65 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на випарник:

$$Q_B = m_a \cdot q_B, \text{ кВт}.$$

$$Q_B = 0,137 \cdot 157 = 21,5 \text{ кВт}$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_S = m_a \cdot l_S, \text{ кВт}.$$

$$N_S = 0,137 \cdot 33 = 4,52 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = m_a (h_2 - h_1), \text{ кВт}.$$

$$N_e = 0,137(489 - 442) = 6,44 \text{ кВт}$$

Споживана потужність приводного двигуна:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{об}}}, \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{6,44}{0,99 \cdot 0,85} = 7,65 \text{ кВт}$$

					ХМД 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		16



Коефіцієнт перетворення ТНУ:

$$COP = \frac{Q_{кД}}{N_{np}}.$$

$$COP = \frac{28}{7,65} = 3,7$$

Коефіцієнт перетворення ТНУ, що працює за циклом Карно:

$$COP_{i0} = \frac{T_K}{T_K - T_B}.$$

$$COP_{i0} = \frac{323}{323 - 270} = 6,2$$

К.К.Д. ТНУ:

$$\eta_t = \frac{COP}{COP_{i0}}.$$

$$\eta_t = \frac{3,7}{6,2} = 0,6$$

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		17

## 2.4. Загальне уявлення про пластинчастий теплообмінник

У якості теплообмінного апарату, що слугує для конденсації пару холодительного агента в теплонасних установках використовується апарат пластинчастого типу.

**Пластинчасті теплообмінники** представляють собою апарати, теплообмінна поверхня яких утворена набором тонких штампованих пластин з гофрованою поверхнею. Їх поділяють за ступенем доступності поверхні теплообміну для механічного очищення і огляду на розбірні, напів розбірні і нерозбірні (зварні) [5, с. 42].



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд пластинчастого теплообмінного апарату

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

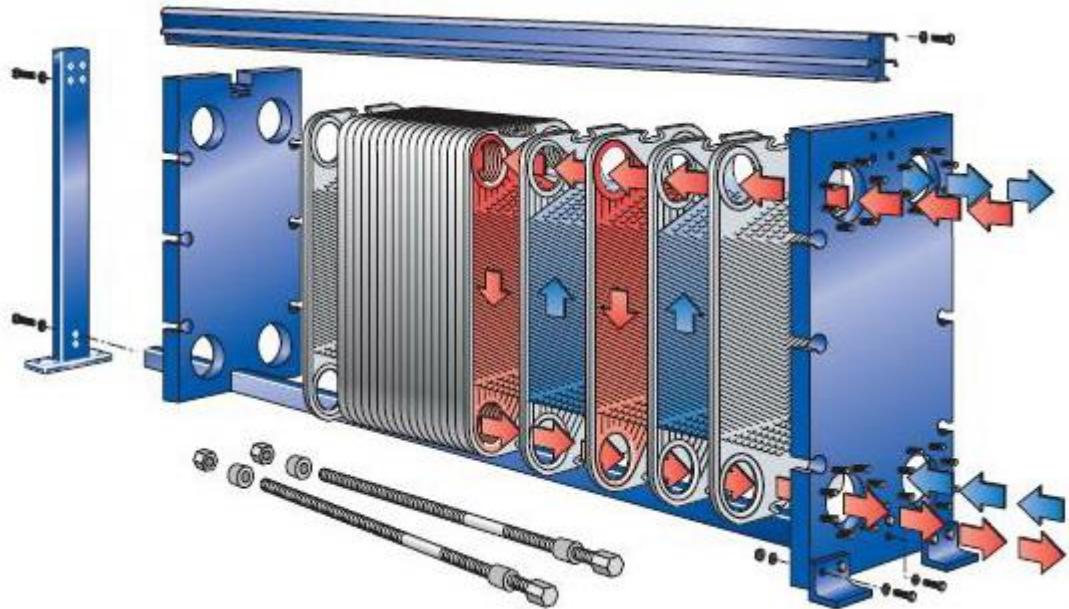


Рисунок 2.5 – Вигляд пластинчастого теплообмінника у розрізі

Найбільш широко використовують пластинчасті теплообмінники, що розбираються, в яких пластини відділені одна від одної прокладками. Монтювання і демонтювання цих апаратів здійснюють досить оперативно, очищення теплообмінних поверхонь вимагає незначних витрат по роботі.

*Принцип роботи.*

Між пластинами створюють канали для перебігу робочих середовищ. Рух рідин по сусідніх каналах створено за принципом протитечії, що забезпечує максимальну ефективність теплообміну. Передача теплової енергії від одного середовища до іншого відбувається через поверхню великої площі. Гофровані пластини використовуються спеціально для створення максимальної турбулентності і рівномірного розподілу потоків обох середовищ, що ще більше підвищує ефективність процесу теплообміну.

*Матеріал*

Пластини і з'єднання виконані зі сталі, що не ржавіє. Матеріал припою - чиста мідь.

### *Промивання.*

Турбулентний потік всередині теплообмінного апарату викликає ефект самоочищення. У разі потреби примусового промивання, його промивають під тиском.

Основні габаритні розміри і параметри найбільш поширених в промисловості пластинчастих теплообмінників визначаються ГОСТ 15518-83. Теплообмінні апарати виготовляють з теплообмінною поверхнею від 2 до 600 м<sup>2</sup> в залежності від типорозміру пластин; ці теплообмінні апарати використовують при тисках до 1,6 МПа і температурних рівнях робочих середовищ від -30 до +180 °С для реалізації теплообміну між рідинами і парами (газами) в якості охолоджувачів, нагрівачів і апаратів для конденсації парів речовин.

У серії на промисловості випускаються пластинчасті теплообмінники, що розбираються, які можуть працювати із робочими середовищами забрудненими, а також при розмірі твердих включень не більше 4 мм.

Розбірні пластинчасті теплообмінники виготовляють в трьох типоформах, зокрема на консольній рамі (виконання 1), на двохопорній рамі (виконання 2), на трьохопірній рамі (виконання 3).

Розбірний пластинчастий теплообмінний апарат на двохопорній рамі (виконання 2) зображено на рисунку 2.6. Апарат зконструйований з ряду теплообмінних пластин 4, розміщених на верхній і нижній напрямних (горизонтальних штангах) 3. Кінці напрямних закріплені в плиті, що не рухається 1 і на стійці 7. Нажимною плитою 2 і гвинтом 8 пластини ущільнюються, утворюючи секцію, теплообміну.

Пластини теплообміну мають чотири прохідних отвори (а, б, в, г), які утворюють дві ізольовані одна від одної отвори системи. Для утиснення пластин і каналів є прокладки з гуми. Прокладка з гуми б закладена в виємку по контуру пластини і затискає два отвори на пластині, через які реалізовано вхід та вихід теплонійної рідини в канал між суміжними пластинами, а

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



шару. В даному випадку допомагає штучна турбулізація потоку на змінах напрямку руху в каналі, що викликає збільшення коефіцієнта тепловіддачі.

Пластинчасті теплообмінні апарати, які випускаються промисловістю, комплектують пластинами, що виштамповані з листового металу товщиною 1 мм. Гофри пластин зазвичай мають в перетині профіль рівностороннього трикутника висотою чотири-сім мм і базою довжиною чотирнадцять-тридцять мм (для в'язких рідин до 75 мм). Матеріал пластин – оцинкована або корозійно-стійка сталь, титан, алюміній [5].

Пластини виготовляються на штампах, зазвичай з нержавіючої сталі аустенітного класу AISI 316, після штампування проводиться полірування пластини електрохімічним способом. Найбільш близьким аналогом цієї сталі є сталь 08X18H10T. Сталь AISI 316 (як і все нержавіючі сталі) несхильна до загальних видів корозії, проте при роботі з середовищами з високою агресивністю (високі температури, високий вміст хлоридів та ін.) можуть протікати місцеві види корозії, наприклад виразкова (пітингова) корозія.

Хімічний склад нержавіючої сталі AISI 316:

Вуглець 0,08%, Хром 16...18%, Нікель 10...14%, Молібден 2...3%

Це основна сталь для виробництва пластин теплообмінників. Наявність молібдену знижує рівень виразкової корозії.

Товщина пластини (0,4 ... 1,0 мм) залежить від максимального робочого тиску.

Для агресивних середовищ (по відношенню до сталі AISI 316) застосовують більш дорогі матеріали, наприклад, 254 SMO, ТИТАН, хастеллой і т. ін.

Для менш агресивних середовищ (по відношенню до сталі AISI 316) застосовують сталь AISI 304.

Теплообмінна пластина має високоефективну теплопереду за рахунок термодинамічно оптимальної конструкції. Принцип «Off-Set» забезпечує

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		22



обслуговуванні – наявність спеціального клею, ущільнення прокладок, час на висихання та ін.

2) На кліпсовій основі.

Конструкція прокладки має кліпси по контуру, за допомогою яких вона фіксується на пластині. Це головний спосіб фіксації прокладок.

Пластинчасті теплообмінники, займаючи малий об'єм, мають відносно значну (до  $1500 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) поверхню теплообміну і великі значення коефіцієнта теплопередачі при малому гідравлічному супротиві. Ще однією перевагою апаратів цього типу є можливість швидкого збирання й розбирання при перевірці чи механічному чищенню поверхні. Також, поверхня теплообміну може просто змінюватися, бо напрямок залежить від числа пластин, що використовуються у теплообміннику.

Загальна перевага пластинчастих теплообмінників складається в можливості об'єднання в одному корпусі багатьох пакетів пластин, в кожному з яких рухається своя пара рідин. Ця обставина дозволяє економно споживати енергію у вигляді тепла. Основний недолік пластинчастих теплообмінних апаратів – полягає у неможливості їх використання при тисках теплоносіїв більше ніж 1,6 МПа через небезпеку руйнування ущільнень між пластинами апарату.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24



## 2.5 Тепловий та конструктивний розрахунок пластинчастого конденсатору

У загальній схемі системи гарячого водопостачання з генерацією теплоти за допомогою застосування ТНУ, пластинчастий теплообмінник пропонується використовувати у якості конденсатора ТНУ.

Вихідні дані для розрахунку:

Теплове навантаження –  $\dot{Q}_{КД} = 28,9$  кВт;

Температура конденсації  $t_k = 50^\circ\text{C}$ ;

Температура на виході із компресора  $t_2 = 92^\circ\text{C}$ ;

Холодильний агент R410a

Визначення термічних і теплофізичних параметрів робочих середовищ за діаграмою, представленою на рисунку 4.3.

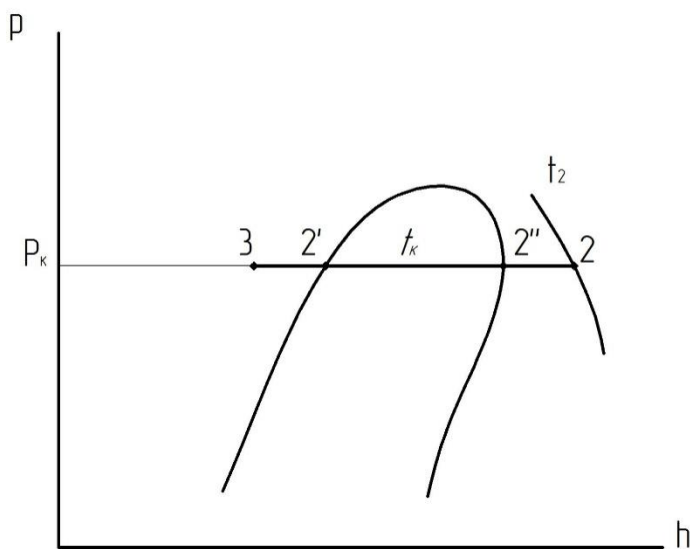


Рисунок 2.8 –Зображення процесу на p,h-діаграмі

1) За температурою  $t_k$  визначаємо наступні параметри холодильного агенту:

$$p_k = 10,164 \text{ бар}; v_2' = 0,8714 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}; v_2'' = 0,01986 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}; h_2' = 256,16 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$h_2'' = 418,21 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; s_2' = 1,1896 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; s_2'' = 1,7071 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; r_k = 162,05 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

По  $p_k$  і  $t_2$ :  $v_2 = 0,02375 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}; h_2 = 452,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; s_2 = 1,811 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$

Для R410а по  $t_3$ :

$$\rho_3 = 1188 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; v_3 = 0,01869 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}; c_{p,3} = 1,452 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \lambda_3 = 8,2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

$$\text{Pr}_3 = 2,14; h_3 = 241,52 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; s_3 = 1,243 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \nu_3 = 1,025 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Для сухої насиченої пари:  $\nu'' = 2,01 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}; \text{Pr}'' = 1,00.$

2) За середньою температурою води

$$t_w = 0,5(t_{1w} + t_{2w}) = 0,5 \cdot 15 + 45 = 30^\circ\text{C} \text{ знаходимо параметри для води:}$$

$$\rho_w = 995,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; c_{p,w} = 4,174 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \lambda_w = 0,612 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \nu_w = 0,805 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}};$$

$$\text{Pr}_w = 5,42.$$

3) Розрахунок загальної площі поверхні теплопередачі апарату

- Масова витрата води:

$$G_w = \frac{Q_{\text{кд}}}{c_{p,w} \cdot \Delta t_w} = \frac{28,9}{4,174 \cdot (45 - 15)} = 0,23 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

- Об'ємна витрата води:

$$V_w = \frac{G_w}{\rho_w} = \frac{0,23}{995,7} = 2,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		26

#### 4) Вибір параметрів каналів

Площа поверхні пластини

$$f_1 = \frac{V_w}{w_w \cdot z_w} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4}}{0,35 \cdot 1} = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$f_2 = \frac{V_w}{w_w \cdot z_w} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4}}{0,35 \cdot 2} = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

де  $w_w = 0,3 \dots 0,4 \text{ м/с}$  - швидкість потоку води;  $z_w$  - кількість каналів води.

Приймаємо:

$$z_w = 1; f = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; d_{екв} = 0,0096 \text{ м}; \delta = 0,005 \text{ м}; L_{прис} = 1,576 \text{ м}; \\ b = 6,444 \text{ м}.$$

Повторний розрахунок для уточнення.

#### 5) Швидкість потоку води

$$w_w = \frac{\dot{V}_w}{f \cdot z_w} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4}}{6,6 \cdot 10^{-4} \cdot 1} = 0,348 \text{ м/с}$$

#### 6) Число Рейнольдса

$$Re_w = \frac{w_w \cdot d_{екв}}{\nu_w} = \frac{0,348 \cdot 0,0096}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 4564,7$$

#### 7) Критерій Нусельта

$$Nu_w = 0,07 \cdot Re_w^{0,72} \cdot Pr_w^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_w}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} = \\ = 0,07 \cdot 4564,7^{0,72} \cdot 0,542^{0,43} \cdot 1,05^{0,25} = 42,4$$

де  $\frac{Pr_w}{Pr_{ст}}$  - множник, що враховує напрям теплового потоку, приймаємо рівним 1,05, так як температура рідини і стінки не сильно відрізняється.

#### 8) Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		27

$$\alpha_w = \frac{Nu_w \cdot \lambda_w}{d_{екв}} = \frac{42,4 \cdot 0,612}{0,0096} = 1497,24 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

9) Коефіцієнт теплопередачі

$$k_w = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + R_m + R_{загр}} = \frac{1}{\frac{1}{1497,24} + \frac{0,5}{60} + 3,6 \cdot 10^{-4} + 5,7 \cdot 10^{-5}} = 895,9 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$\text{де } R_m = 3,6 \cdot 10^{-4} \frac{м^2 \cdot К}{Вт}; \quad R_{загр} = 5,7 \cdot 10^{-5} \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

10) Середня логарифмічна температура

$$\Theta_{кд} = \frac{(t_k - t_{1w}) - (t_{2w} - t_{1w})}{\ln\left(\frac{t_k - t_{1w}}{t_{2w} - t_{1w}}\right)} = \frac{(50 - 15) - (45 - 15)}{\ln\left(\frac{50 - 15}{45 - 15}\right)} \cdot \frac{5}{\ln\left(\frac{15}{10}\right)} = 12,33^\circ C$$

11) Густина теплового потоку зі сторони води

$$q_{F_w} = k_w \cdot (\Theta_{кд} - \Theta_R) = 895,9(12,33 - \Theta_R)$$

12) Густина теплового потоку зі сторони холодоагенту

$$q_{F_R}^\circ = \alpha_R^\circ \cdot t_k - t_{см,R} = \alpha_R^\circ \cdot \Theta_R$$

$$\alpha_R^\circ = 1,15 \left[ \frac{9,81 \cdot r_k \cdot \rho_{жс} \cdot \lambda_{жс}^3}{v_{жс} \cdot L_{прив} \cdot \Theta_R} \right]^{0,25}$$

$$r_k = h_{2''} - h_3 = 418,21 - 241,52 = 176,7 \frac{кДж}{кг} - \text{ПИТОМА МАСОВА ТЕПЛОТА}$$

конденсації;

$$\alpha_R^\circ = A^\circ \cdot \Theta_R^{-0,25}$$

$$(q_{F_R})^\circ = A^\circ \cdot \Theta_R^{0,75} = 1052,9 \cdot \Theta_R^{0,75}, \text{ де}$$

									Арк.
									28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ХМД 01.00.00.00 ПЗ				

$$A^\circ = 1,15 \left[ \frac{9,81 \cdot r_k \cdot \rho_{жс} \cdot \lambda_{жс}^3}{v_{жс} \cdot L_{прив}} \right]^{0,25} =$$

$$= 1,15 \left[ \frac{9,81 \cdot 176,6 \cdot 10^3 \cdot 1188 \cdot 0,082^3}{1,025 \cdot 10^{-7} \cdot 1,576} \right]^{0,25} = 1052,9$$

Розв'яжемо систему рівнянь графоаналітичним методом:

$$\begin{cases} (q_F)_R^\circ = 1052,9 \cdot \Theta_R^{0,75} \\ (q_F)_w = 865,9 \cdot (12,33 - \Theta_R) \end{cases} \rightarrow \Theta_R = 7,2^\circ C$$

$$(q_F)_R^\circ = 1052,9 \cdot 7,2^{0,75} = 4628,2 \frac{Вт}{м^2}$$

$$(q_F)_w = 865,9 \cdot (12,33 - 7,2) = 4597,54 \frac{Вт}{м^2}$$

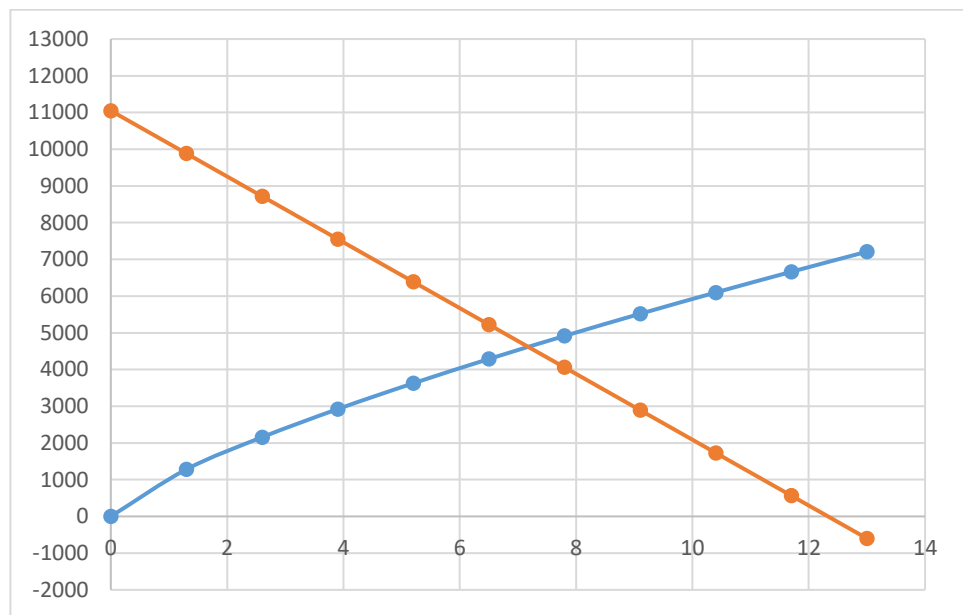


Рисунок 2.9 –Графік залежності  $(q_F)_R^\circ = f(\Theta_R)$

Температура стінки

$$t_{ст,р} = t_k - \Theta_R = 50 - 7,2 = 42,8^\circ C$$

## Компоновка схеми та вибір апарату

1) Необхідна площа теплопередачі

$$F_{\text{кд}}^{\circ} = \frac{Q_{\text{кд}}}{q_{F R}} = \frac{28900}{4628,2} = 6,25 \text{ м}^2$$

2) Загальна кількість пластин

$$n_{\text{tot}} = n_R + 2 = 10 + 2 = 12 \text{ пластин,}$$

$$\text{де } n_R^{\circ} = \frac{F_{\text{кд}}^{\circ}}{f_{\text{пл}}} = \frac{6,25}{0,75} = 8,35 \text{ Приймаємо } 10 \text{ пластин}$$

3) Кількість касет

$$n_{\text{касет}} = Z_R^{\circ} = \frac{n_R^{\circ}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ касет}$$

4) Кількість ходів води

$$X_w = \frac{Z_R^{\circ} + 1}{Z_w} = \frac{5 + 1}{1} = 6,$$

де  $Z_w$  - число каналів води приймаємо рівним 1;  $Z_R^{\circ}$  - число каналів холодоагенту рівне числу касет.

5) Число ходів холодоагенту  $X_R^{\circ}$  приймаємо рівним 1.

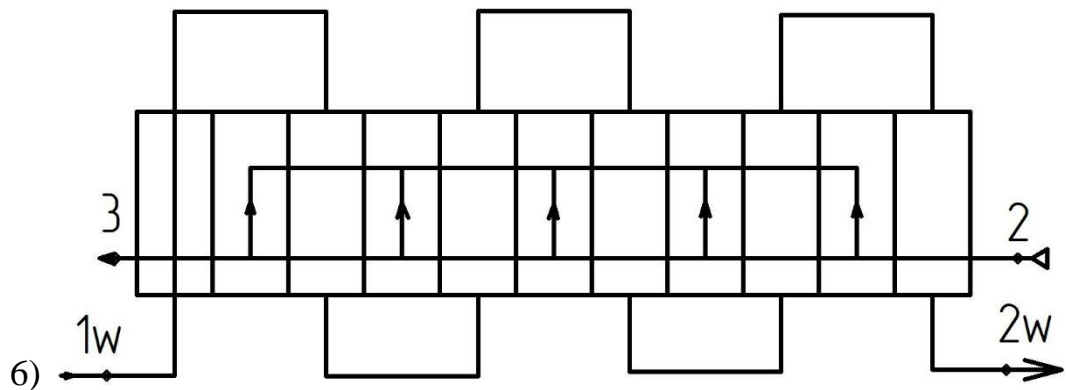


Рисунок 2.10 – Схема розміщення пластин







$$\Delta P_R = \left( \xi \cdot \frac{L_{\text{прив}}}{d_{\text{екв}}} \right)^{0,5} \cdot \frac{\rho_n \cdot w_n^2}{2} = \left( 0,0032 \cdot \frac{1,576}{0,0096} \right)^{0,5} \cdot \frac{1188 \cdot 0,01065^2}{2} =$$

$$= 0,04869 \text{ Па}$$

$$\text{де } \xi = 0,005 \cdot \text{Re}''^{-0,05} = 0,005 \cdot 8349,29^{-0,05} = 0,0032$$

### Ексергетичні показники апарату

#### 1) Ексергія «палива»

$$E_F = E_2 - E_3 = m_R \cdot [ h_2 - h_3 - T_{\text{н.с.}} \cdot s_2 - s_3 ] =$$

$$= 0,17 \cdot [ 452,2 - 241,52 - 293(1,811 - 1,243) ] = 7,35 \text{ кВт}$$

#### 2) Ексергія «продукту»

$$E_P = E_{2w} - E_{1w} = G_w \cdot \left[ c_{pw} \cdot \left( (T_{2w} - T_{1w}) - T_{\text{н.с.}} \cdot \ln \frac{T_{2w}}{T_{1w}} \right) + \frac{\Delta p_w}{\rho_w} \right] =$$

$$= 0,8385 \cdot \left[ 4,174 \cdot \left( (308 - 298) - 293 \cdot \ln \frac{308}{298} \right) + \frac{10,164}{995,7} \right] = 1,16 \text{ кВт.}$$

#### 3) Ексергетична ефективність

$$\varepsilon_{\text{ex}} = \frac{E_P}{E_F} = \frac{1,16}{7,35} = 0,16$$

$$\eta_t = \frac{t_{2w} - t_{1w}}{t_{\kappa} - t_{1w}} = \frac{45 - 15}{50 - 15} = 0,85$$

### 3. Охорона праці

Охорона праці – це система законодавчих актів, заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці [13].

Основні складні та шкідливі фактори на виробництві, характерні для виробничого приміщення.

Абсолютно безпечних і нешкідливих виробничих потужностей не існує. Задання охорони праці – це мінімізація вірогідності враження або захворювання людини, що працює з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні умови виробництва характеризуються, як правило, наявністю багатьох небезпек і шкідливостей [13].

Виробнича небезпека – це загроза впливу на працюючих небезпечних і шкідливих факторів, а виробнича шкідливість – вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів.

Небезпечним називається такий виробничий чинник, дія якого на робітника в певних умовах може призвести до травматизму, або іншого раптового погіршення здоров'я (ГОСТ 12.0.002-80).

Прикладами виробничих небезпечних чинників можуть слугувати рухомі деталі машин і механізмів, відкриті провідники зі струмом частини устаткування, нагріті тіла до високих температур. Виробничі шкідливості виникають через негативні умови з санітарії та гігієни на виробництві: наявність поганого мікроклімату, шкідливих забруднень в повітрі, тепла випромінювання, поганого освітлення, вібрації, шуму, звуку в ультрадіапазоні, іонізуючих випромінювань, полів електромагнітних хвиль.

Нещасний випадок на підприємстві – результат впливу на персонал небезпечного виробничого фактору при виконанні ним трудових обов'язків згідно посадових інструкцій або вказівок керівника робіт.

До основних шкідливих факторів, що мають місце на підприємстві,

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		34

відносяться:

- фізичні фактори - підвищена запиленість (при зварюванні поза зварювального поста) підвищена вологість на ділянці мийки тролейбусів, підвищений рівень шуму ділянка демонтажу автошин, металообробна ділянка, робота на деревообробних верстатах;

- хімічні фактори - токсичний вплив при ґрунтовці, шпаклівці та пофарбуванні рухомого складу, проникнення в організм робітника, через органи дихання, продуктів горіння при зварювальних роботах.

З метою попередження нещасних випадків, підтримання здорових та безпечних умов праці кожен робітник підприємства повинен:

- знати та виконувати посадові інструкції, інструкції з охорони праці нормативні акти трудового законодавства та особисто сприяти створенню на своїх робочих місцях, в своїх підрозділах та по підприємству в цілому таких умов праці, при яких повністю б виключався виробничий травматизм та професійні захворювання.

При дії на людину шкідливого виробничого фактору протягом тривалого часу може виникнути професійне захворювання.

Для попередження або зменшення впливу небезпечних та шкідливих факторів умов праці, з метою попередження нещасних випадків та професійних захворювань необхідно використовувати колективні засоби захисту (кондиціонери, вентиляційні та опалювальні установки, засоби по боротьбі з шумом та вібрацією), а також засоби індивідуального захисту, тобто засоби для захисту одного працівника (респіратори, протигази, маски, щитки, спецодяг та спецвзуття, рукавиці, перчатки, пояси, навушники, захисні пасти і т.п.) засоби індивідуального захисту видаються згідно поставлених галузевих норм та переліку який додається до колективного договору і переглядається щорічно.

Робота компресорного устаткування пов'язана з виникненням низки небезпечних та шкідливих чинників, обумовлених наявністю у компресорах

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		35

рухомих частин, високого тиску та температури, а також можливістю утворення вибухонебезпечних сумішей з продуктів розкладу мастильних матеріалів і повітря. Для забезпечення безпеки при експлуатації компресорного устаткування необхідно, щоб воно задовольняло вимогам ГОСТ 12.2.003-74.

Найбільшу небезпеку при високій температурі в системі компресорної установки являють пари мастильних речовин, які в атмосфері стисненого повітря стають вибухонебезпечними вже при температурі 250-300 °С. Пари мастила у суміші з повітрям можуть займатися навіть від іскри електричного розряду, тому для мащення рухомих частин компресора застосовують спеціальні мастила з високою температурою займання. Для зменшення температури стисненого повітря застосовують повітряне та водяне охолодження компресорної установки.

Для забезпечення безпеки при експлуатації компресорна установка оснащена відповідними запобіжними пристроями та контрольно-вимірювальними приладами. Для контролю температури стисненого повітря слугує термометр. Окрім того, в схему установки вмонтовано теплове реле, яке здійснює автоматичне вимикання компресора при підвищенні температури стисненого повітря вище допустимого значення. Для запобігання аварій, спричинених підвищенням тиску, компресор оснащений манометром та запобіжними клапанами.

Для того, щоб запобігти утворенню вибухонебезпечних сумішей внаслідок потрапляння в компресорну установку забрудненого або запиленого повітря, на повітроприймальній трубі встановлено фільтр. Для стікання статичних зарядів корпус компресора під'єднано до заземлювача.

При роботі компресора показання приладів перевіряють не рідше ніж через дві години і їх показання записують в журнал обліку роботи компресора. Робочі манометри перевіряються не рідше за одне разу в шість місяців [10].

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		36

## Безпечність зварювальних робіт

Реальні умови праці при зварюванні і споріднених технологіях супроводжуються комплексом небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Найхарактернішим шкідливим чинником для зварювання є створення і надходження в повітря робочої зони зварювальних аерозолів, що містять токсичні речовини. Тривала дія на організм зварювальників цих аерозолів може привести до виникнення таких професійних захворювань, як пневмоконіоз, пиловий бронхіт, інтоксикації металами і газами, ін.

Дугове зварювання супроводжується оптичним випромінюванням в ультрафіолетовому, видимому і інфрачервоному діапазонах, багато разів перевищуючому фізіологічно терпиму оком людини величину.

За відсутності засобів індивідуального захисту дія теплового випромінювання в інтенсивностях, перевищуючих допустимі рівні, може привести до порушень терморегуляції, теплового удару, можливі поразки органів зору. Контакт з нагрітим металом, може викликати опіки.

Розбризування металу при зварюванні також наслідок нестабільного горіння дуги. Бризки, іскри і викиди розплавленого металу і шлаку за відсутності засобів захисту можуть бути причиною опіків шкірних покривів, травмування органів зору, а також підвищують небезпеку виникнення пожеж.

Шум на робочих місцях при дуговому зварюванні є чинником помірної інтенсивності. Джерела шуму – зварювальна дуга, джерела живлення, плазмотрони, пневмопривід. Рівень шуму від зварювальної дуги визначається стабільністю її горіння.

## Боротьба з шкідливою дією шуму і вібрації

При роботі оброблювальних верстатів, компресора, механізованого інструменту тощо вібрація відіграє негативну роль. При дії вібрації на організм людини спостерігаються зміни в діяльності серцевої та нервової

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		37

систем, спазм судин, зміни у суглобах, що призводить до обмеження їх рухомості при нетривалій дії вібрації працівник передчасно втомлюється, при цьому його продуктивність праці знижується. Тривала дія вібрації може спричинити професійне захворювання – вібраційну хворобу.

При роботі з вібруючим обладнанням організовують 10-15 хвилинні перерви після кожної години роботи.

Організаційні заходи по усуненню вібрацій включають в себе своєчасне і якісне проведення планово-запобіжного обслуговування і ремонту, виконання правил технічної експлуатації машин і агрегатів.

Найбільш шкідливою для людини є одночасна дія вібрацій, шуму і низької температури.

ДСН 3.3.6.037-99 встановлюють рівень шуму на постійних робочих місцях і робочих зонах на території підприємства не більше 80 ДБ. “Шум-ним” технологічним обладнанням вважається обладнання, на робочих місцях якого рівень шуму перевищує допустимі за діючими нормами, зменшені на 10 ДБ.

Джерелом шуму компресора є всмоктуючі і вихлопні повітропроводи, що виходять в атмосферу, корпус компресора, стінки повітропроводів, що проходять в приміщеннях.

#### Забезпечення нормованого освітлення

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути чистої переадаптації органів зору;

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		38

- не створювати засліплювальної дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих чинників (шум, теплові випромінювання, небезпека ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, штучним та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним. На обстежуваному виробництві використовується суміщене джерело освітлення.

Природне освітлення – бокове (одностороннє - здійснюється через світлові отвори (вікна) в будинку адміністративного призначення, двостороннє – має місце в ремонтно-профілактичній будівлі).

#### Пожежна безпека об'єкту

Пожежна безпека – стан об'єкту, що виключає можливість пожежі, а у випадку її виникнення запобігти впливу на людей небезпечних факторів пожежі та забезпечує захист матеріальних цінностей. Вона створюється завдяки організації системи попередження пожеж та пожежного захисту.

Попередження пожежі досягається недопущенням утворення горючого середовища та джерел займання в ній, підтримання температури та тиску, нижче допустимих по горючості.

Пожежу супроводжують такі небезпечні фактори: відкритий вогонь та іскри, підвищена температура повітря, предметів, обладнання, токсичні

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

продукти горіння, дим, понижена концентрація кисню, обрушення, пошкодження будинків та споруд, вибух.

До первинних засобів пожежегасіння відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар, ємності з водою, відра, ємності з піском, покривала з негорючого теплоізоляційного полотна та пожежний інструмент: лопати, ломи, сокири, багри, гаки, пилки тощо.

Весь протипожежний інвентар та обладнання утримуються в справному стані, знаходяться на протипожежних щитах.

До найбільш розповсюдженого засобу відноситься вода.

Водою можна гасити практично всі вогнища окрім нафтопродуктів, електрообладнання під напругою, натрію, кальцію, речей, які представляють особливу цінність та важливість, які під впливом води втрачають свої цінності. Для подачі води користуються протипожежним водопроводом, на якому встановлюють пристосування для підключення пожежних рука-вів, пожежних кранів та пожежних гідрантів.

Те, що не гаситься водою, гаситься піском (при малих вогнищах) та вогнегасниками.

Для гасіння пожежі в електроустановках під напругою використовують (в тому числі і тролейбусах) порошкові ОП-1, момент ОП-2 або вуглекислотні вогнегасники (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8). Хімічні пінні вогнегасники рекомендовано використовувати для гасіння твердих горючих речовин, окрім лужних, а також горючих рідин, при цьому необхідно оберегатися, щоб піна не попала в очі або на оголене тіло.

Забезпечення нормальних параметрів мікроклімату

За документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88, враховуючи середній рівень важкості робіт в ремонтно-профілактичному корпусі оптимальна температура в приміщенні має бути в межах 17-20 °С, оптимальна

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		40



відносна вологість 40-60%, оптимальна швидкість руху повітря не більше, ніж 0,2 м/с.

Виробничий пи́л досить поширений небезпечний та шкідливий виробничий чинник. Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій у легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Шкідливість виробничого пилу зумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень.

До загальних заходів та засобів попередження забруднення повітряно-го середовища на підприємстві та захисту працюючих належать:

- нормальне функціонування систем опалення, загально обмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очистка викидів у атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

Очищення повітря від пилу в ремонтно-профілактичному відділі забезпечується при видаленні з нього заповненого повітря, за допомогою місцевої і центральної системи кондиціонування повітря.

#### Електробезпека

Основними причинами електротравматизму на підприємстві є: випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування; використання несправних ручних електроінструментів; застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В; робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань; доторкання до незаземлених корпусів електроустаткування, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції; недотримання правил улаштування, технічної експлуатації та правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

До роботи в приміщеннях ремонтно-профілактичного корпусу допускається електротехнічний персонал III, IV, V кваліфікаційних груп з електробезпеки.

Для усунення або зменшення небезпеки поразки електричним струмом під час переходу напруги на корпуси і інші неструмопровідні конструктивні деталі електроустаткування і механізмів застосовують ряд застережних заходів, а саме, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, перекриття неструмопровідних металевих частин ізоляцією або виготовлення їх з ізолюючого матеріалу. Застосування ізолюючих підставок та іншого засобу для усунення або зменшення небезпеки поразки струмом вибирають з урахуванням конкретних умов.

Для обслуговуючого персоналу електроустановки основними засобами захисту вважаються оперативні штанги і кліщі, діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими ручками і показники напруги. Додатковими засобами є діелектричні калоші, діелектричні гумові килимки і ізолюючі підставки.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплонасосна технологія енергозбереження : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв. – Суми : СумДУ, 2011. – 283 с.
2. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : СумДУ, 2018. – 364 с.
3. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пос. – Москва : Высшая шк., 1980. – 469 с.
5. Heat pump planning handbook / Jürgen Bonin. British Library Cataloguing-in-Publication Data, 2015. – 337 p.
6. Богданов С. Н., Бурцев С. И., Иванов О. П., Куприянова А. В. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 320 с.
7. Коваленко Л. М., Деревянченко К. М., Саломатина Л. Г. Пластинчатые теплообменные аппараты. Каталог – Москва : ЦИНТИхимнефтемаш. – 1990.
9. Методичні вказівки з курсового і дипломного проектування «Розрахунок теплообмінників пластинчасто-ребристого типу з повітряним охолодженням» курсу «Холодильні установки»/ укладачі: С. О. Шарапов, Ю. М. Вертепов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 24 с.
10. Энергоэффективные технологии в отоплении и вентиляции. Каталог – Mitsubishi Electric, 2015.
11. Кліматичні системи 2019. Каталог – Mitsubishi Electric, 2019.
12. Тепловые насосы. Каталог. – Mitsubishi Electric, 2016.
13. Денисенко А. Ф. Охорона праці: конспект лекцій для студ. екон. спец. заочної форми навчання. Ч.1 / А.Ф. Денисенко.– Суми : СумДУ, 2007.– 128 с.

					ХМд 01.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		43