

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

за освітньо-професійною програмою

"Холодильні машини і установки"

зі спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування"

на тему «Холодильна установка для однокамерного фруктосховища на базі
конструкції із сендвіч-панелей, і з умовною місткістю 80 т»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Завідувач кафедри

С. М. Ванєєв

Керівник роботи

В. М. Арсеньєв

Здобувач

Т. Р. Нечипір

Група

ХКдн-74др

Суми 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ЗАВДАННЯ.....	6
РОЗДІЛ 1 «СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ».....	7
1.1 Сендвіч-панелі для будівництва холодильних камер.....	7
1.2 Розрахунок і планування холодильної камери.....	19
1.3 Калоричний розрахунок охолоджуваного приміщення.....	23
1.4 Розрахунок теплового навантаження на обладнання та компресор.....	32
1.5 Розрахунок експлуатаційних характеристик холодильної камери.....	33
1.6 Розрахунок і підбір обладнання системи охолодження камери.....	37
1.7 Тепловий розрахунок одноступеневої парокompресійної холодильної машини.....	42
1.8 Підбір основного обладнання холодильної установки.....	49
1.9 Підбір допоміжного обладнання холодильної установки.....	52
РОЗДІЛ 2 «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ».....	56
2.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів при роботі холодильної установки.....	57
2.2 Вимоги до контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв і арматури.....	58
2.3 Захисні засоби і правила користування ними.....	60
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	66

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Холодильна установка для однокамерного фруктосховища на базі конструкції із сендвіч-панелей, і з умовною місткістю 80 т. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Нечипір	Арсеньєв				2	67	
Перевір.								
Конс.								
Н. контр.	Шарапов					СумДУ, гр. ХКдн-74др		
Затв.	Ванєєв							

ВСТУП

У сільському господарстві холодильні машини застосовують для охолодження молока і м'яса на фермах і птахофабриках, фруктів і овочів в сховищах (як з безпосереднім, так і з розсільним охолодженням).

Холодильні машини, що використовуються в сільському господарстві, повинні мати високу експлуатаційну надійність, мати прості і надійні схеми автоматизації.

На фермерських господарствах і агропромислових підприємствах в даний час багато холодильників для тривалого зберігання фруктів та овочів оснащені холодильними установками із розсільною системою охолодження. Найбільш прогресивне безпосереднє охолодження камер при якому відсутній проміжний холодоагент – розсіл. Сховища із безпосереднім охолодженням за капітальними витратами і експлуатаційними витратами дешевші сховищ з розсільним охолодженням.

У централізованих системах холодопостачання фруктосховищ для розсільних або безпосереднього охолодження камер застосовують аміачні і фреонові машини середньої холодопродуктивності. Аміачні автоматизовані холодильні машини ХМ-АВ-22, ХМ-АУ-45, ХМ-АУУ-90 мають холодопродуктивність при стандартному режимі від 17,5 до 105 кВт. Фреонові холодильні машини ХМ-ФВ-20, ХМ-ФУ-40 і ХМ-ФУП-80 – від 17,5 до 95,5 кВт. Всі зазначені машини випускаються двох модифікацій: I – з частотою обертання колінчастого вала компресора 1440 об/хв і II – з частотою обертання 960 об/хв.

На фруктосховищах з децентралізованими системами холодопостачання застосовують блокові автоматизовані фреонові холодильні машини ФГ-100 і ХМФ-16. [1]

Останнім часом обсяги продажу холодильних установок для зберігання зерна, фруктів та овочів істотно виросли. Холодильне обладнання застосо-

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						3
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

вують для зберігання плодоовочевої, зернової продукції, а також довгострокового постачання продуктами ресторанів, кафе, продовольчих магазинів і супермаркетів.

Холодильне обладнання промислового типу – це абсолютно особлива категорія обладнання. Вони застосовуються не лише в харчовій, але і в хімічній галузі, фармацевтиці, сільському господарстві тощо.

Правильний вибір промислової холодильної установки передбачає врахування таких факторів:

- габарити приміщення;
- вид продукції, яку необхідно зберегти;
- технологія виробництва продукції.

Крім надійної і стабільної роботи, запчастини до технологічного устаткування висуваються такі вимоги, як економне витрачання електроенергії і достатня потужність.

Від двох останніх чинників залежить, які види обладнання купувати: середньо- або низькотемпературні. Ринок холодильного обладнання в Україні пропонує споживачам великий вибір виробів, призначених для того щоб зберігати найрізноманітнішу продукцію.

Різниця між побутовими і промисловими холодильними установками полягає в габаритах і характері вирішуваних завдань. Прикладом такого обладнання може служити чиллер, що дозволяє відстежувати показники температури, або пристрої для шокової заморозки. Холодильні установки, які застосовуються на промислових підприємствах, можуть бути на основі аміаку, фреону або вуглекислоти, використовуються пристрої з компресорами для охолодження рідин.

Вимога до холодильних установок, що використовуються на сільськогосподарських складах, в тому, що вони призначені для збереження значних обсягів продукції в строго визначеному режимі температур. За технічними

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

характеристиками, холодильні промислові установки поділяються на такі групи:

- системи зберігання в регульованому середовищі;
- промислові спліт-системи;
- установки, призначені для централізованого постачання холодом;
- холодильні комплекси, призначені для довгострокового зберігання зерна. [2]

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ЗАВДАННЯ

Виконати розрахунок та проектування однокамерної холодильної установки на базі сендвіч-панелей для зберігання фруктів умовною місткістю 80 т відповідно до вихідних даних.

Вихідні дані

Продукт.....фрукти (яблука)
Тара для харчового продукту.....ящик дерев'яний
Розміщення у камері.....штабель із застосуванням піддонів
Холодильна технологія.....зберігання
Місткість камери умовна..... $E = 80\text{ т}$
Початкова температура продукту..... $t_{\text{поч}} = 20^{\circ}\text{C}$
Температура надходження продукту до камери..... $t_{\text{надх}} = 20^{\circ}\text{C}$
Температура зберігання..... $t_{\text{зб}} = 4^{\circ}\text{C}$
Прилади охолодження камери.....повітроохолоджувачі
Тип системи охолодження камери.....з проміжним теплоносієм
Теплоносій.....пропіленгліколь
Регіон розміщення.....м. Суми
Відносний внутрішній ККД компресора..... $\eta_{oi} = 0,8$
Охолодження конденсатора.....повітряне

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 "СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ"

1.1 Сендвіч-панелі для будівництва холодильних камер

Сучасний ринок холодильної індустрії вже неможливо уявити собі без такого будівельного матеріалу як сендвіч-панелі. Маючи необхідні термостійкі властивості і естетичний зовнішній вигляд вони все більше стають популярними в Україні та за кордоном. Їх призначення – будівництво холодильних, морозильних камер і складів.

Сендвіч-панель – інноваційна тришарова конструкція, яка успішно замінила собою більшість традиційних матеріалів для будівництва комерційної нерухомості. Залежно від виду і призначення споруди сендвіч-панелі можуть відрізнятися за типом покриття і теплоізоляційного матеріалу всередині. Холодильні сендвіч-панелі мають високі показники герметичності, термо- і гідроізоляції.

Камери з сендвіч-панелей мають широку сферу застосування – торгівля, харчова промисловість, медицина, фармацевтика і часто використовуються як приміщення: холодильники (камери заморозки); склади для зберігання заморожених і охолоджених продуктів; камери шокової заморозки і швидкого охолодження; камери торгових підприємств тощо. Такі будови забезпечують оптимальні умови зберігання продукції для подальшої реалізації, а тому замовити монтаж холодильних камер із сендвіч-панелей бажають все більша кількість бізнесменів.

Завдяки використанню таких панелей морозильні і холодильні камери легко справляються зі своїм основним завданням – зберігання продуктів при збереженні всіх їх корисних властивостей і свіжості. Сучасні камери дозволяють регулювати показники температури і вологості залежно від типу продукції, що зберігається. Режим контрольованої температури особливо важли-

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

вий для алкогольної продукції, де необхідно не тільки зберегти властивості товару, але і цінність його смаку і аромату.

Холодильні споруди із сендвіч-панелей також застосовуються для зберігання хутряних виробів, при цьому захищаючи їх від «дрібних» шкідників.

На сьогоднішній день виділяють кілька типів низькотемпературних камер із сендвіч-панелей. Найбільш поширеними серед них є:

1) Камери з промислових холодильних сендвіч-панелей – панелі з глибоким пазом в поєднанні з куточками і фурнітурою. Дана технологія дозволяє побудувати камеру будь-яких параметрів. Монтаж сендвіч-панелей для холодильних камер краще довірити професіоналам, це забезпечить довгий термін експлуатації і надійність споруди.

2) Збірні холодильні камери з сендвіч-панелей – камери йдуть в стандартних розмірах і поставляються на будмайданчик в комплекті з холодильним агрегатом. Виробництво даних камер здійснюється серійно, а тому ціна на збірні сендвіч-панелі вигідна навіть для бізнесменів-початківців. [3]

Сендвіч (англ. Sandwich – багатошаровий бутерброд) тришаровий матеріал для будівництва. Абревіатура ППУ (PUR) означає використання як теплоізоляційний наповнювач пінополіуретан (polyurethane). Готове полотно складається наповнювача, укладеного між двома листами, зі сталі товщиною до 2,5 мм (найбільш поширені варіанти – 0,5 до 0,7 мм (стандартна товщина металу 0,5 мм)). Також як термоізоляційний наповнювач може застосовуватися мінеральна вата або базальтове волокно. Як матеріал листів також може використовуватися неіржавіюча сталь, а також комбінації нержавіючої та оцинкованої сталей за вимогою споживача.

Цей матеріал має високу адгезію до металу і утворює щільне, однорідне з'єднання з верхнім захисним шаром сендвіч-панелі, передаючи йому свої унікальні тепло- та гідроізоляційні властивості. Саме вони зумовили придатність панелей ППУ для холодильних і морозильних камер.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Широкий розмірний ряд дозволяє підібрати оптимальні за габаритами панелі. З'єднання їх одна з одною здійснюється простим з'єднанням замку типу шип-паз. Додаткової ізоляції швів при цьому не потрібно – конструкція надійно захищена від тепловтрат. [4]

Існує кілька варіантів використовуваного металу (в залежності від призначення холодильної камери):

- • сталь холоднокатана оцинкована;
- • сталь холоднокатана оцинкована з покриттям поліефірної фарбою;
- • сталь нержавіюча;
- • сталь холоднокатана оцинкована з захисним полімерним покриттям Пурал, ПВДФ, Пластізол.



Рисунок 1.1 – Структура сендвіч-панелі на основі базальтового волокна

Типи замків шип-паз

Як правило, сендвіч-панелі мають з'єднання типу «шип-паз». Даний тип з'єднання забезпечує:

- ліквідацію «містків холоду»;
- максимальну жорсткість з'єднання сендвіч-панелей;

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- низьку витрату герметизуючих матеріалів і монтажної піни для обробки стиків сендвіч-панелей.

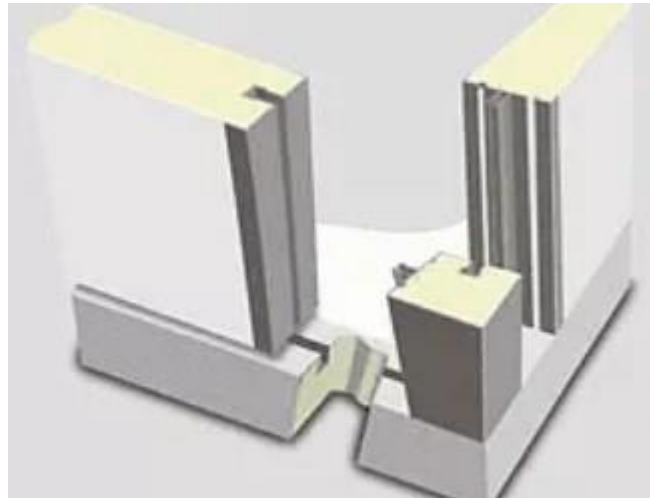


Рисунок 1.2 – З'єднання елементів сендвіч-панелі

Підлога і стеля з'єднуються зі стінами за допомогою фасонних (підбірних) елементів, таким само як з'єднуються між собою стіни.

Сендвіч-панелі ППУ передбачають одинарний, подвійний або потрійний замок. Його модифікація безпосередньо залежить від товщини панелі. Для вузьких (товщиною від 40 до 60 мм) використовується одинарний шип-паз, для найтовщих (від 180 до 200 мм) – потрійний. Така залежність пояснюється необхідністю забезпечити найміцніше зчеплення без утворення містків холоду.

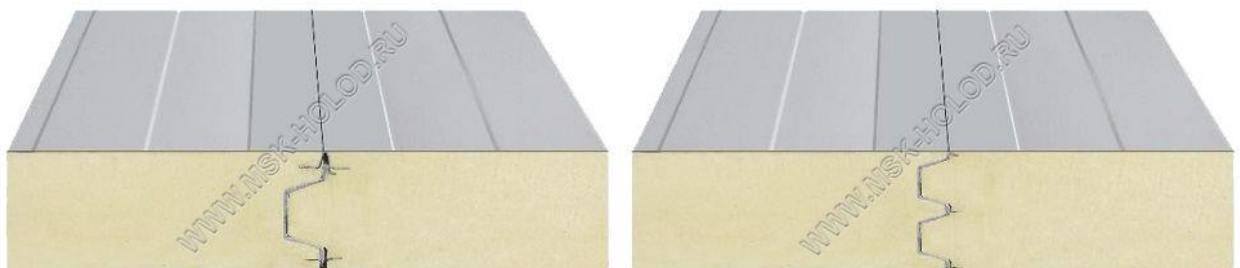


Рисунок 1.3 – Типи замків шип-паз, що застосовуються в сендвіч-панелях (одинарний і подвійний замок)

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Наявність такого замку – ще один плюс сендвіч-панелей. Він гарантує міцне і надійне зчеплення, швидкий монтаж камери, забезпечує високу тепло- і гідроізоляцію споруди і дозволяє використовувати мінімальну кількість монтажної піни при її складанні.

Профіль сендвіч-панелей для холодильних камер

Для стін холодильних камер використовуються гладкі і профільовані сендвіч-панелі.

Для стелі та підлоги застосовуються гладкі сендвіч-панелі.

При встановленні холодильної камери на вулиці застосовуються спеціальні покрівельні сендвіч-панелі.

Колірні рішення

Існують стандартні комбінації сендвіч-панелей для холодильних камер:

- для стін застосовуються сендвіч-панелі з двох сторін з оцинкованої сталі з полімерним покриттям (стандартний колір згідно каталогу RAL 9003 (білий));
- для стелі застосовуються сендвіч-панелі із зовнішньою стороною з оцинкованої сталі, а внутрішній – з оцинкованої сталі з полімерним покриттям (стандартний колір згідно каталогу RAL 9003 (білий));
- для підлоги використовуються сендвіч-панелі з двох сторін з оцинкованої сталі.

За необхідності в холодильній камері можна використовувати сендвіч-панелі з полімерним покриттям будь-яких кольорів згідно каталогу.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Колірна палітра сендвіч-панелей [5]

Основні переваги пінополіуретанових сендвіч-панелей

1) Високі теплоізоляційні властивості. Для їх наочної демонстрації стіни з сендвіч-панелей ППУ, як правило, порівнюють з цегляною кладкою: панель в 100 мм має такі самі показники що і цегляна стіна в 1500 мм завтовшки. Коефіцієнт теплопровідності такої сендвіч-панелі становить $0,022 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

2) Мала вага. Порівняно з аналогами із мінеральної вати і пенополістіролу пропонуваній варіант володіє найменшою вагою. Це пояснюється густиною теплоізолюючого шару від 40 до 45 кг/м^2 . В результаті будівля виходить легкою, але дуже міцною. Вона створює мінімальний тиск на фундамент і не вимагає його спеціальної підготовки.

3) Діапазон робочих температур від -80 до $+120$ °С. Такий розкид обумовлений високою термостійкістю. Це дозволяє створювати і підтримувати всередині облаштованих приміщень потрібний мікроклімат.

4) Довговічність. Антикоровізне покриття надійно захищає сендвіч-панелі від впливу вологи, що гарантує їх довговічність. Пінополіуретан передбачає довгострокове використання. Свої початкові характеристики в незмінному вигляді він зберігає протягом 10 років. Далі знос складає не більше 5 % за кожні 5 років. Загальний термін експлуатації досягає 50 років.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

5) Стійкість до зовнішніх впливів. Сендвіч-панелі надійно захищені від впливу мікроорганізмів (грибка, цвілі тощо) і агресивних середовищ. Вони мають водовідштовхувальні характеристиками і добре переносять механічні навантаження.

6) Простота використання. Сендвіч-панелі швидко і легко збираються в потрібну конструкцію. Вони кріпляться на будь-яку основу (дерев'яний або металевий каркас). Легко розбираються і підходять для повторного застосування.

7) Безпека. Використовувані для виробництва сендвіч-панелей матеріали не токсичні і не становлять загрози для здоров'я людини. Саме з цієї причини їх використовують для облаштування холодильних і морозильних камер, призначених для зберігання продуктів харчування. [4]

Крім того, окрім високого рівня термо- і гідроізоляції панелі мають:

1) Звукоізоляцію, вогнестійкість і вологостійкість – панелі не підтримують горіння і не спалахують поблизу джерела загоряння, а надійність замкових з'єднань забезпечує водонепроникність.

3) Відсутність великих навантажень на фундамент і каркас – невелика вага конструкції не створює значних навантажень, а тому збірка холодильних камер з сендвіч-панелей може здійснюватися без фундаменту або на мілкозаглиблених фундаментах.

4) Можливість реконструкції та демонтажу – за необхідності сендвіч-панелі для морозильних камер можна легко замінити в разі пошкоджень або ж зовсім демонтувати для транспортування і встановлення на новому місці.

5) Низькі витрати на будівництво – завдяки вигідній ціні на сендвіч-панелі для холодильних камер порівняно з традиційними будівельними матеріалами.

Всі ці переваги дозволяють замовнику за максимально короткий термін звести будівлю з сендвіч-панелей, ціна якої як мінімум в 3-4 рази нижче порівняно із будівельними об'єктами з традиційних будматеріалів. До того ж

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

універсальність такої конструкції дозволяє застосовувати сендвіч-панелі для виробничих будівель, складських приміщень, торгових комплексів, автомийок тощо. [5]

Підбір панелей для холодильної камери

Асортимент сендвіч-панелей ППУ представлений варіантами шириною від 1000 до 1185 мм і довжиною до 16000 мм. Визначальне значення при виборі варіантів для холодильної камери або складу має товщина панелі. Від неї залежать теплоізоляційні властивості самої споруди.

При експлуатації холодильної камери обов'язково утворюються тепловтрати, обумовлені різницею зовнішньої і внутрішньої температури. Саме їх оптимальний рівень не повинен перевищувати 10 Вт/м². У будь-якому випадку тепловтрати доведеться компенсувати інтенсивною роботою холодильного агрегату.

Правильний вибір сендвіч-панелей за товщиною дозволить знизити теплове навантаження і суттєво заощадити на встановленні і експлуатації холодильної машини.

Наприклад, при різниці зовнішньої і внутрішньої температури в 10 °С рекомендується використовувати сендвіч-панелі товщиною 40 мм або 50 мм. У цьому випадку буде мати місце надлишок товщини, що допустимо. Однак будувати камеру з перепадом температур в 25 °С і більше з панелей товщиною менше 40 мм неприпустимо – високі тепловтрати, перевантаження холодильного обладнання та низька ефективність забезпечені. Підбір панелей за товщиною вимагає проведення скрупульозних розрахунків і обліку особливостей експлуатації. [3]

Перш ніж купити сендвіч-панелі для холодильної камери необхідно розібратися з основними критеріями вибору даного матеріалу. Зрозуміло, краще довірити цю задачу фахівцям, які будуть монтувати камеру. Отже, при виборі сендвіч-панелі необхідно слід звернути увагу на тип обшивки і тов-

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

щину панелі, а також якість ізоляції. Це три основних параметри, які в подальшому будуть впливати на міцність і надійність холодильної або морозильної камери.

Товщина

Товщина залежить від типу утеплювача, а також від температурного перепаду, рівня вологості всередині приміщення і інтенсивності надходження сонячних променів. Треба пам'ятати, що мікроклімат всередині камери жодним чином не повинен залежати від зовнішнього середовища, а тому, якщо на вулиці навіть $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$, всередині холодильника повинен залишатися заданий температурний режим.

Точний розрахунок може зробити лише фахівець, при цьому можна орієнтуватися на наступні параметри:

- товщина до 80 мм – оптимально для холодильних камер з температурою від $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- товщина 100-150 мм – для морозильних камер з низькотемпературним діапазоном зберігання до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для нестандартних умов експлуатації та при використанні пінополістиролу найчастіше товщина береться більшою.

Тип обшивки

Виробники сучасному споживачеві надають на вибір широкий асортимент холодильних сендвіч-панелей, купити які можна будь-яким зручним способом з доставкою на місце будівництва.

Найчастіше покупці керуються при виборі вартістю матеріалу, і щоб знизити ціну вибирають металеву обшивку товщиною близько 0,5 мм. Оптимальною товщиною зовнішнього шару сендвіч-панелі є 0,7 мм, що забезпечує тривалу експлуатацію і простоту при монтажі. Іноземні виробники пропонують 0,8 мм, відповідно і ціна також збільшується.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Якість обшивального матеріалу також впливає на ціну. Більшість виготовляється з оцинкованої обшивки, а потім покривається різними полімерами, що впливає на стійкість до корозії і термін експлуатації.

Теплоізоляція

Найбільш поширеним варіантом утеплювального матеріалу є пінополіуретан і відносно новий тип утеплювача – поліізоціанурат – відрізняється більш високим рівнем вогнестійкості (так звані PIR панелі). Якість теплоізоляції можна визначити за показниками теплопровідності, вони повинні перебувати в діапазоні 0,019-0,025 Вт/(К*м). Чим менше цифра, тим вище рівень теплоізоляції. [5]

Монтаж холодильної камери з сендвіч-панелей [6]

Для підтримання необхідних температур зберігання продукції у великих об'ємах або в промислових масштабах потрібно холодильне та морозильне обладнання з великим корисним об'ємом. Таке обладнання недоцільно випускати в готовому зібраному вигляді, як, наприклад, побутові холодильники або морозильні ларі. Транспортування таких об'ємних конструкцій вимагає наявності спеціального транспорту, серйозної вантажної техніки, додаткового допоміжного персоналу.

Виходячи з цього, доцільно доставляти комплект сендвіч-панелей, дверний блок, монтажний матеріал, холодильний агрегат окремими вантажними місцями в компактному вигляді і монтувати холодильну камеру в місці її планованого використання. Даний процес вимагає до себе особливої уваги, тому що від правильно проведеного і послідовного монтажу, підключення і запуску залежить повноцінна робота холодильної камери. Виключення холодовтрат, перекосів, обмерзань, появи конденсату, протікань – гарантує довговічність використання цього виду холодильного обладнання.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Складові холодильних камер

Основою такого типу обладнання є сендвіч-панелі.

Сендвіч-панелі – відносно легкий і практичний матеріал, який забезпечує надійну термоізоляцію.

Сендвіч-панель являє собою пінополіуретан, заповнений під тиском і рівномірно розподілений між двох оцинкованих пофарбованих металевих листів з полімерним покриттям і захисною плівкою. Густина ППУ 48–52 кг/м³, що дозволяє витримувати межеве навантаження, наприклад, на таку панель підлоги до 1500 кг/м².

Комплектація стандартної камери включає:

- панелі підлоги;
- панелі стелі;
- панелі стінові;
- стійки кутові;
- дверний блок.

Зовнішній вигляд холодильної камери на основі сендвіч-панелей наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд холодильної камери на основі сендвіч-панелей

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При монтажі великих окремо стоячих холодильників процес монтажу трохи відрізняється. Головною відмінністю є попередній монтаж рами з металоконструкцій, які забезпечують місце для встановлення теплоізоляційних плит, які потім спеціальним кріпленням пригвинчуються до рами і одночасно встановлюються по напрямних методом шип-паз (рис. 1.3).



Рисунок 1.6 – Монтаж окремостоячого холодильника із сендвіч-панелей

Переваги збірки холодильних камер з сендвіч-панелей [4]

Виготовлення холодильних камер під замовлення з сендвіч-панелей вигідно з будь-якої точки зору. Економічність будівництва та експлуатації підтверджується такими фактами:

- використання сендвіч-панелей передбачає відсутність відходів;
- легкий і компактний матеріал не вимагає великовантажного транспорту для доставки;
- зберігання в будь-яких умовах;
- можливість облаштування камери на будь-якому фундаменті;
- мінімальні терміни зведення споруди;
- можливість перевезення готової камери з одного місця на інше, її розбирання і подальше складання;
- немає необхідності в зовнішньому і внутрішньому обробленні;

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- можливість встановлення дверей, вікон, вентиляції, витяжки;
- встановлення оптимального за потужністю і функціях холодильного агрегату.

1.2 Розрахунок і планування холодильної камери

Розрахунок і вибір основних будівельних розмірів камери

Площа, яку займає харчовий продукт у камері зберігання

$$F_{\text{буд}} = \frac{E_{\text{ум}}}{q_v \cdot h_{\text{сп}} \cdot \beta} = \frac{80}{0,34 \cdot 3 \cdot 0,76} = 123,8 \text{ м}^2.$$

де коефіцієнт, що враховує площу, яку займають проходи, відступи, колони, що дорівнює $\beta = 0,76$ (для камер від 100 до 400 м²);

$q_v = 0,34 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ – норма завантаження яблук у ящиках на піддонах згідно [7,

Додаток 11];

$h_{\text{сп}}$ – висота вантажу; для камер умовною місткістю від 12 до 125 т

$h_{\text{сп}} = 2 - 3 \text{ м}$; задаємося $h_{\text{сп}} = 3 \text{ м}$.

Для камер з умовною місткістю від 12 до 125 т висота приміщень одноповерхових холодильників (від чистого полу до низу несучих конструкцій) складає $h = 3,6 \text{ м}$, а сама камера будується з сіткою колон 6 x 12 м.

Отже, середня висота вантажу у камері зберігання не перевищує будівельну висоту холодильної камери. Висота, що залишилася, може бути використана для розміщення приладів охолодження та забезпечення рівномірності циркуляції охолоджуючого середовища по об'єму камери.

Сумарна будівельна площа камер

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum F_{\text{б\у\д}} = F_{\text{б\у\д}}^{\text{КЗб}} = 123,8 \text{ м}^2.$$

Будівельна площа допоміжних приміщень

$$F_{\text{доп.н}} = (0,25 \div 0,4) \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,26 \cdot 123,8 = 32,2 \text{ м}^2.$$

Будівельна площа машинного відділення

$$F_{\text{м.в}} = (0,1 \div 0,15) \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,12 \cdot 123,8 = 15 \text{ м}^2.$$

Будівельна площа службових приміщень

$$F_{\text{сл.н}} = (0,05 \div 0,1) \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,073 \cdot 123,8 = 9 \text{ м}^2.$$

Загальна будівельна площа

$$F_{\text{б\у\д}}^{\text{заг}} = \sum F_{\text{б\у\д}} + F_{\text{б\у\д}}^{\text{X}} + F_{\text{доп.н}} + F_{\text{м.в}} + F_{\text{сл.н}} = 123,8 + 32,2 + 15 + 9 = 180 \text{ м}^2.$$

Число будівельних квадратів

$$n = \frac{F_{\text{б\у\д}}^{\text{заг}}}{6 \times 12} = \frac{180}{6 \times 12} = 2,5 \approx 3 = 3 \times 1.$$

Планування холодильника

Визначаємо кількість квадратів для кожного приміщення

Кількість квадратів для камери зберігання

$$n = \frac{\sum F_{\text{б\у\д}}}{6 \times 12} = \frac{123,8}{6 \times 12} = 1,72 \approx 2.$$

Кількість квадратів для машинного відділення

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$n = \frac{F_{м.г}}{6 \times 12} = \frac{15}{6 \times 12} = 0,21 \approx 0,25.$$

Кількість квадратів для допоміжного приміщення

$$n = \frac{F_{доп.п}}{6 \times 12} = \frac{32,2}{6 \times 12} = 0,45 \approx 0,5.$$

Кількість квадратів для службового приміщення

$$n = \frac{F_{сл.п}}{6 \times 12} = \frac{9}{6 \times 12} = 0,125 \approx 0,25.$$

Після вибору кількості квадратів можемо спланувати холодильник відносно сторін горизонту, схема якого подана на рис. 1.7.

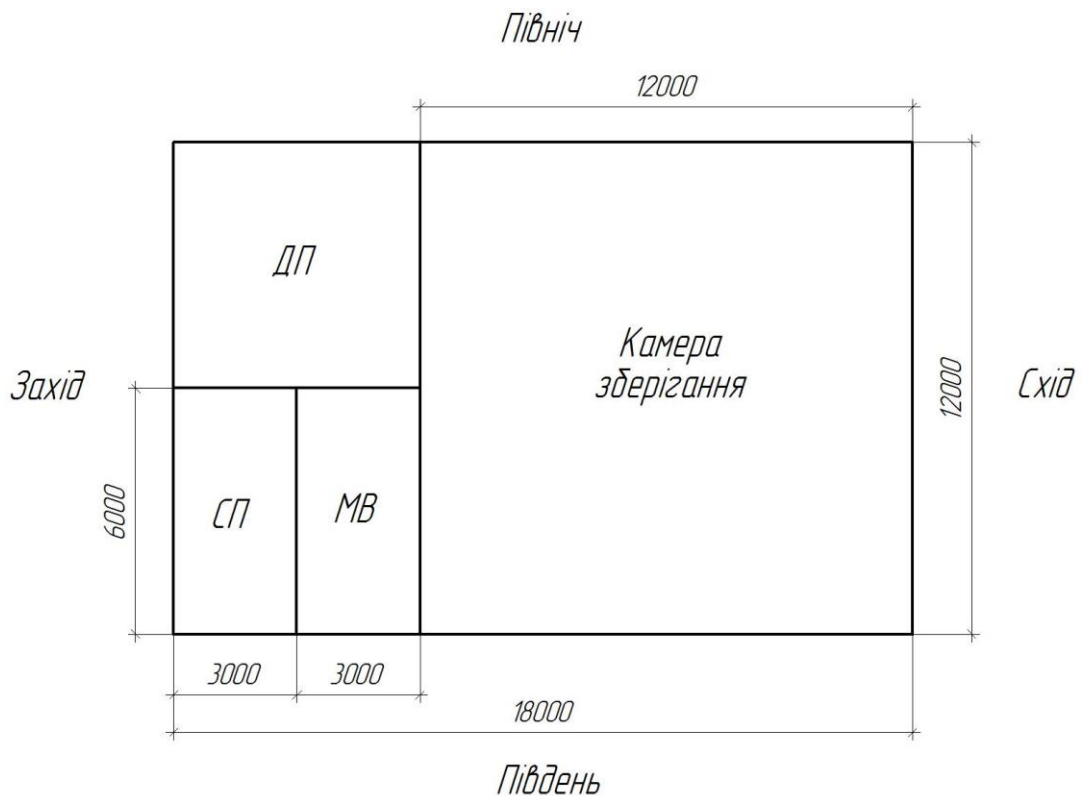


Рисунок 1.7 – План розташування камер однокамерного холодильника

Умовні позначення: ДП – допоміжне приміщення; МВ – машинне відділення;

СП – службове приміщення

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Висоту стін холодильника беремо такою, що дорівнює 3,6 м.

Згідно умови у камерах фрукти будуть зберігатися у ящиках дерев'яних, що складені у штабель на піддоні.

Розрахуємо необхідну кількість піддонів для камери зберігання.

Пакети вибираємо прямокутної форми з розмірами 1240×824×920 мм (рис. 1.8).

Об'єм одного піддону становить

$$V_{\text{під}} = 1,24 \cdot 0,824 \cdot 0,92 = 0,94 \text{ м}^3.$$

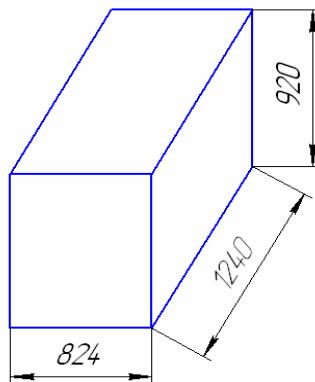


Рисунок 1.8 – Схема пакету

Штабелювання затареного вантажу здійснюємо шляхом укладання ящиків на піддонах.

Габарити піддону узгоджуються з будівельними розмірами камери і виконуються в межах: довжина 4...20 м; ширина 1,2...12 м; висота 3,5...6 м.

Кількість піддонів у камері

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		22

$$Z_{\text{конт}} = \frac{E_{\text{ум}}}{q_v \cdot V_{\text{під}}} = \frac{80}{0,34 \cdot 0,94} = 250 \text{ шт.}$$

Загальна вантажна площа всіх піддонів

$$F_{\text{вант.шт}} = \frac{Z_{\text{конт}}}{n_{\text{яр}}} \cdot f_{\text{конт}} = \frac{250}{3} \cdot 1,02 = 85,0 \text{ м}^2,$$

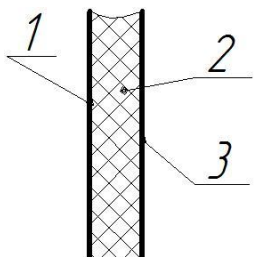
де $n_{\text{яр}}$ – кількість ярусів; задаємося $n_{\text{яр}} = 3$;

$f_{\text{конт}}$ – вантажна площа одного піддону, що обчислюється за даними табл. 2.3 [8] (рис. 1.8).

1.3 Калоричний розрахунок охолоджуваного приміщення

Розрахунок необхідної товщини ізоляції

Розрахунок товщини ізоляції зовнішньої стіни камери

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} \left[\frac{1}{k_{\text{норм}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \right]$$


1, 3 – лист металу; 2 – утеплювач (пінопласт полістирольний ПСБ-С)

Рисунок 1.9 – Переріз стінки холодильника

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 46,5 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_1 = \delta_3 = 0,0008 \text{ м}; \lambda_{i3} = 0,047 \text{ Вт/(м·К)}$$

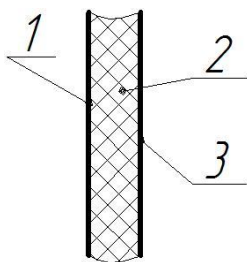
$$\delta_{i3} = 0,047 \cdot \left[\frac{1}{0,44} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{2 \cdot 0,0008}{46,5} \right) \right] = 0,1 \text{ м.}$$

Задаємося $\delta_{i3} = 0,1 \text{ м.}$

Товщиною ізоляції для південної і східної стіни камери задаємося такою самою, як і для північної стіни камери.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{2 \cdot 0,0008}{46,5} + \frac{0,1}{0,047}} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$



Розрахунок товщини ізоляції для внутрішньої стіни камери, що є суміжною з допоміжним приміщенням та машинним відділенням

Рисунок 1.10 – Переріз внутрішньої перегородки

Умовні позначення шарів: 1, 3 – лист металу; 2 – утеплювач (пінопласт полістирольний ПСБ-С)

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \left[\frac{1}{k_{\text{норм}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \right].$$

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 46,5 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_1 = \delta_3 = 0,0008 \text{ м}; \lambda_{i3} = 0,047 \text{ Вт/(м·К)}$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\delta_{i3} = 0,047 \cdot \left[\frac{1}{0,44} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,0008}{46,5} \right) \right] = 0,096 \text{ м.}$$

Задаємося $\delta_{i3} = 0,1 \text{ м.}$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{2 \cdot 0,0008}{46,5} + \frac{0,1}{0,047}} = 0,42 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Розрахунок товщини ізоляції для даху камери.

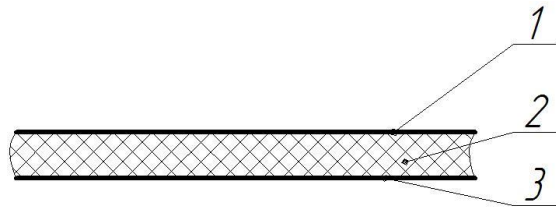


Рисунок 1.11 – Шари даху холодильника

Умовні позначення шарів: 1, 3 – лист металу; 2 – утеплювач (пінопласт полістирольний ПСБ-С)

Товщина ізоляції для покриття складатиметься із шару 2

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \left[\frac{1}{k_{\text{норм}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \right].$$

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

$\lambda_1 = 46,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\delta_1 = 0,0008 \text{ м}$; $\lambda_3 = 46,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\delta_3 = 0,0008 \text{ м}$;

$\lambda_{i3} = 0,047 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\delta_{із} = 0,047 \cdot \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{2 \cdot 0,0008}{46,5} \right) \right] = 0,105 \text{ м.}$$

Задаємося найближчою стандарною товщиною шару утеплювача $\delta_{із} = 0,12 \text{ м.}$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{2 \cdot 0,0008}{46,5} + \frac{0,12}{0,047}} = 0,37 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Розрахунок товщини ізоляції для підлоги камери

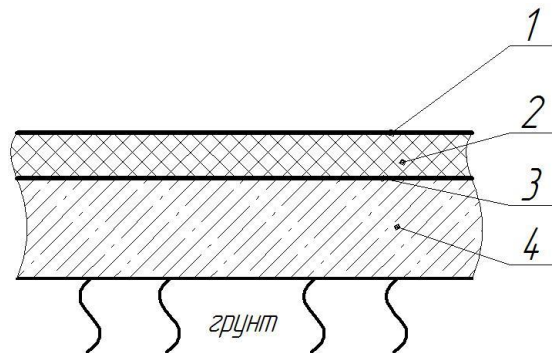


Рисунок 1.12 – Переріз підлоги: 1, 3 – сталевий лист; 2 – утеплювач (пінопласт полістирольний ПСБ-С); 4 – залізобетонна плита; 5 – ґрунт

Товщина ізоляції для покриття складатиметься із шару 2

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) \right].$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти тепло-
провідності і товщини:

$$\lambda_1 = 46,5 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_1 = 0,01 \text{ м}; \lambda_3 = 46,5 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_3 = 0,0008 \text{ м}; \lambda_3 = 2,04 \text{ Вт/(м·К)}; \delta_4 = 0,22 \text{ м}; \lambda_{i3} = 0,047 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$\delta_{i3} = 0,047 \cdot \left[\frac{1}{0,41} - \left(\frac{1}{7} + \frac{0,01}{46,5} + \frac{0,0008}{46,5} + \frac{0,22}{2,04} \right) \right] = 0,1 \text{ м.}$$

Задаємося найближчою стандарною товщиною шару утеплювача $\delta_{i3} = 0,1 \text{ м}$.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,01}{46,5} + \frac{0,0008}{46,5} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{0,22}{2,04}} = 0,41 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт m , що характеризує відносне зростання термічного опору підлоги за наявності ізоляції

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right)} = \frac{1}{1 + 1,25 \cdot \left(\frac{0,01}{46,5} + \frac{0,0008}{46,5} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{0,22}{2,04} \right)} = 0,264.$$

З урахуванням розмірів і кількості піддонів, а також товщини ізоляції холодильника виконуємо схематичну побудову (планування) однокамерного холодильника (рис. 1.13). На цьому рисунку також показано необхідні розміри для подальшого розрахунку теплонадходжень.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

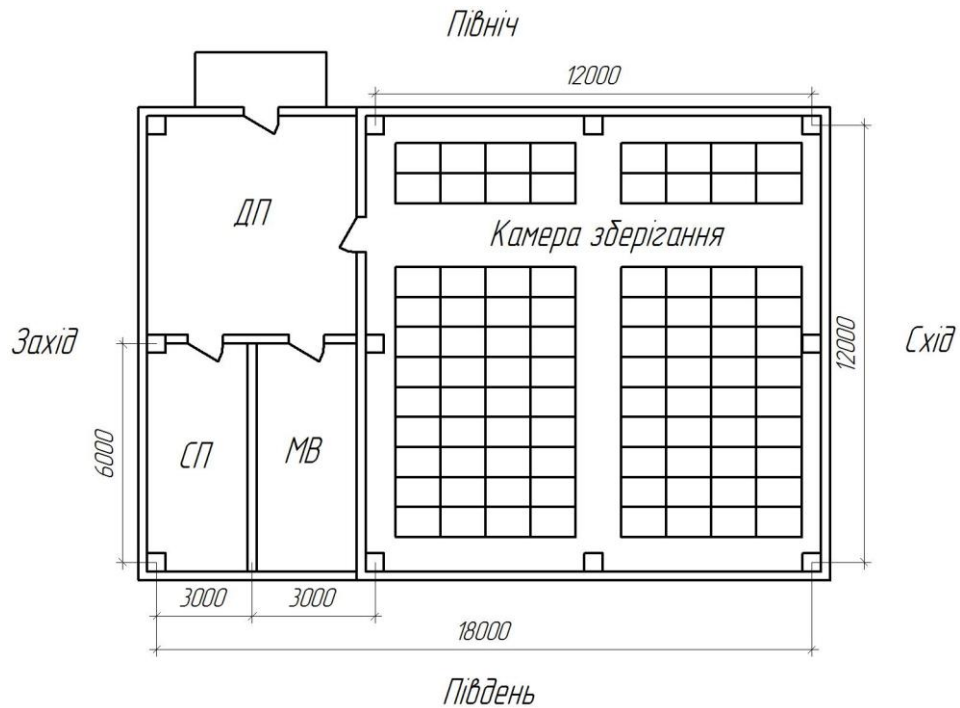


Рисунок 1.13 – Планування однокамерного холодильника

Розрахунок теплонадходжень через огороження

Теплонадходження через огороження можна знайти за формулою:

$$Q_1 = Q_{OGR} = Q_{IT} + Q_{IC},$$

де Q_{IT} – теплонадходження, що зумовлене різницею температур в камері і зовні; Q_{IC} – теплонадходження, що зумовлене наявністю сонячної радіації.

Знайдемо для кожної стіни, підлоги, даху ці складові теплонадходжень.

Теплонадходження від різниці температур:

- північна стіна: $Q_{IT}^1 = k_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_{кам}) = 0,44 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot (29 - 4) = 475 \text{ Вт};$
- південна стіна: $Q_{IT}^2 = k_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_{кам}) = 0,44 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot (29 - 4) = 475 \text{ Вт};$
- східна стіна: $Q_{IT}^3 = k_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_{кам}) = 0,44 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot (29 - 4) = 475 \text{ Вт};$
- суміжна стіна з ДП і МВ: $Q_{IT}^4 = k_{\partial} \cdot F \cdot (t_{тамб} - t_{кам}) = 0,42 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot (20 - 4) = 290 \text{ Вт};$
- дах: $Q_{IT}^5 = k_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_{кам}) = 0,37 \cdot 12 \cdot 12 \cdot (29 - 4) = 1332 \text{ Вт};$
- підлога:

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{IT}^6 = \left(\sum k_{ум} \cdot F_{ум} \right) (t_3 - t_{кам}) \cdot m =$$

$$= 0,47 \cdot 64 \cdot (29 - 4) \cdot 0,264 + 0,23 \cdot 48 \cdot (29 - 4) \cdot 0,264 +$$

$$+ 0,12 \cdot 32 \cdot (29 - 4) \cdot 0,264 = 297 \text{ Вт.}$$

Сумарне теплонадходження від різниці температур

$$Q_{IT} = Q_{IT}^1 + Q_{IT}^2 + Q_{IT}^3 + Q_{IT}^4 + Q_{IT}^5 + Q_{IT}^6 =$$

$$= 475 + 475 + 475 + 290 + 1332 + 297 = 3344 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{IC} = k_{\theta} F \Delta t_C,$$

де $\Delta t_C = 0,75 \frac{I \cdot a}{\alpha_3}$ – умовна різниця температур:

– південна стіна: $\Delta t_C = 0,75 \cdot \frac{384 \cdot 0,4}{23} = 5^{\circ} C \Rightarrow Q_{IC}^1 = 0,44 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot 5 = 95 \text{ Вт};$

– східна стіна: $\Delta t_C = 0,75 \cdot \frac{465 \cdot 0,4}{23} = 6^{\circ} C \Rightarrow Q_{IC}^2 = 0,44 \cdot 12 \cdot 3,6 \cdot 6 = 114 \text{ Вт};$

– дах: $\Delta t_C = 0,75 \cdot \frac{640 \cdot 0,9}{23} = 18,6^{\circ} C \Rightarrow Q_{IC}^3 = 0,37 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 18,6 = 991 \text{ Вт};$

Сумарне теплонадходження від сонячної радіації для камери

$$Q_{IC} = Q_{IC}^1 + Q_{IC}^2 + Q_{IC}^3 = 95 + 114 + 991 = 1200 \text{ Вт.}$$

Сумарне теплонадходження через огороження для камери

$$Q_1 = Q_{OGR} = Q_{IT} + Q_{IC} = 3344 + 1200 = 4544 \text{ Вт.}$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок теплонадходження від технологічного навантаження

Теплонадходження від технологічного навантаження

$$Q_2 = Q_{ТЕХН} = Q_{2ГР} + Q_{2ТАР},$$

де $Q_{2ГР}$ – теплонадходження від вантажу; $Q_{2ТАР}$ – теплонадходження від тари.

Теплонадходження від вантажу за умови його доохолодження складає 8 % від місткості камери за умови її місткості до 200 т

$$Q_{2ГР} = 0,08 \cdot E_{ум} \cdot (h_{надх} - h_{вип}) = 0,08 \cdot 80 \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} \cdot (381 - 287) \cdot 10^3 = 6963 \text{ Вт},$$

де 0,08 – коефіцієнт, що враховує норму надходження вантажів до камери зберігання.

Теплонадходження від тари для камери

$$\begin{aligned} Q_{2ТАР} &= 0,2 \cdot 0,08 \cdot E \cdot C_{вант} \cdot (t_{надх} - t_{вип}) = \\ &= 0,2 \cdot 0,08 \cdot 80 \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} \cdot 2300 \cdot (29 - 4) = 852 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

Теплонадходження від технологічного навантаження для камери

$$Q_2 = Q_{ТЕХН} = Q_{2ГР} + Q_{2ТАР} = 6963 + 852 = 7815 \text{ Вт}.$$

Розрахунок вентиляційного теплонадходження

Вентиляційне теплонадходження

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_3 = Q_{\text{ВЕНТ}} = n_{\text{Л}} \cdot V_{\text{норм}} \cdot \rho_{\text{нов}} \cdot C_{\text{нов}} \cdot (t_3 - t_{\text{кам}})$$

Задаємося кількістю працівників у камері – 2 працівники.

Вентиляційне теплонадходження в камері

$$Q_3 = Q_{\text{ВЕНТ}} = 2 \cdot \frac{20}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1005 \cdot (29 - 4) = 335 \text{ Вт.}$$

Розрахунок експлуатаційних теплонадходжень

Теплонадходження експлуатаційне

$$Q_4 = Q_{\text{ЕКСП}} = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV}$$

Теплонадходження від освітлення

$$Q_4^I = \Sigma N_{oc} = q_{oc} \cdot F_{б\text{уд}} = 2,3 \cdot 12 \cdot 12 = 331 \text{ Вт};$$

Теплонадходження від працівників

$$Q_4^{II} = q_{\text{Л}} \cdot n_{\text{Л}} = 350 \cdot 2 = 700 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від обладнання задаємося для камери зберігання

$$Q_4^{III} = 3000 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від відкриття дверей

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_4^{IV} = q_{ДВ} \cdot F_{б\gamma\delta} = 3 \cdot 144 = 432 \text{ Вт};$$

Сумарне експлуатаційне теплонадходження камери

$$Q_4 = Q_{ЕКСП} = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 331 + 700 + 3000 + 432 = 4463 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від фруктів при «диханні»

$$\dot{Q}_5 = \dot{Q}_{ДИХ} = E_{ум} \cdot (0,1 \cdot q_{надх} + 0,9 \cdot q_{зб}) = 80 \cdot (0,1 \cdot 174 + 0,9 \cdot 28) = 3408 \text{ Вт},$$

де $q_{надх}$ і $q_{зб}$ – тепловиділення плодів за умови температур надходження та зберігання відповідно.

1.4 Розрахунок теплового навантаження на обладнання та компресор

Теплове навантаження на камерне устаткування

Розрахункова формула

$$Q_{0ОБ} = Q_{ОГР} + Q_{ТЕХН} + Q_{ВЕНТ} + Q_{ЕКСП} + \dot{Q}_{ДИХ}.$$

$$Q_{0ОБ} = 4544 + 7815 + 335 + 4463 + 3408 = 20565 \text{ Вт}.$$

Теплове навантаження на компресор

Розрахункова формула:

$$Q_{0КМ} = \frac{1,05 \dots 1,1}{b} (0,8 \cdot Q_{ОГР} + Q_{ТЕХН} + Q_{ВЕНТ} + 0,75 \cdot Q_{ЕКСП} + \dot{Q}_{ДИХ}).$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{0KM} = \frac{1,1}{b} \cdot (0,8 \cdot Q_{OGR} + Q_{TEXH} + Q_{BENT} + 0,75 \cdot Q_{EKSP} + \dot{Q}_{ДИХ}) =$$

$$= \frac{1,1}{0,92} \cdot (0,8 \cdot 4544 + 7815 + 335 + 0,75 \cdot 4463 + 3408) = 22168 \text{ Вт}.$$

1.5 Розрахунок експлуатаційних характеристик холодильної камери

Розрахунок рівноважної температури в камері зберігання

Вихідні дані, що беремо з попереднього розділу:

- теплонадходження через огороження – $Q_{OGR} = 4544 \text{ Вт}$;
- теплонадходження від технологічного навантаження – $Q_{TEXH} = 7815 \text{ Вт}$;
- теплонадходження від вентиляції – $Q_{BENT} = 335 \text{ Вт}$;
- експлуатаційні теплонадходження – $Q_{EKSP} = 4463 \text{ Вт}$;
- теплонадходження від «дихання» – $\dot{Q}_{ДИХ} = 3408 \text{ Вт}$;
- зовнішня температура – $t_3 = 29 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура у камері – $t_{кам} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- відносна вологість в камері – $\varphi_{кам} = 80 \%$;
- температура розсолу – $t_p = -1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Зовнішні теплонадходження

$$\sum Q_{под} = Q_{OGR} = \sum k_d \cdot F_{под} \cdot (t_3 - t_{кам}) = 4544 \text{ Вт}.$$

Внутрішні теплонадходження

$$Q_{вн} = Q_{TEXH} + Q_{BENT} + Q_{EKSP} + \dot{Q}_{ДИХ} = 7815 + 335 + 4463 + 3408 = 16021 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження, що відводяться

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum Q_{om} = \sum k_{\delta} \cdot F_{om} \cdot (t_n - t_p) = 20565 \text{ Вт}.$$

Добуток площі теплообміну на коефіцієнт теплопередачі

$$\sum k_{\delta} \cdot F_{nod} = \frac{\sum Q_{nod}}{(t_3 - t_{кам})} = \frac{4544}{29 - 4} = 181,8 \text{ Вт/К};$$

$$\sum k_{\delta} \cdot F_{om} = \frac{\sum Q_{om}}{(t_{кам} - t_p)} = \frac{20565}{4 - (-1)} = 4113 \text{ Вт/К}.$$

З балансу рівнянь виразимо рівноважну температуру

$$\begin{aligned} \sum k_{\delta} \cdot F_{nod} \cdot (t_3 - t_{кам}^p) + Q_{вн} &= \sum k_{\delta} \cdot F_{om} \cdot (t_3 - t_p) \Rightarrow \\ t_{кам}^p &= \frac{\sum k_{\delta} \cdot F_{nod} \cdot t_3 + Q_{вн} + \sum k_{\delta} \cdot F_{om} \cdot t_p}{\sum k_{\delta} \cdot F_{om} + \sum k_{\delta} \cdot F_{nod}} = \\ &= \frac{181,8 \cdot 29 + 16021 + 4113 \cdot (-1)}{4113 + 181,8} = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Розрахунок рівноважної вологості у камерах

Рівноважна вологість у камері

$$\varphi_{кам}^p = \frac{100 + z_{к} \cdot d_{но}''}{100 + z_{к} \cdot d_{кам}''}.$$

Введений параметр

$$z_{к} = \frac{828 \cdot \alpha_1 \cdot r(t) \cdot F_0}{\alpha_{1пр} \cdot F_{прод} \cdot C_p (26,6 + t_{кам}^p)} = \frac{828 \cdot 5 \cdot 2836 \cdot 250}{1,5 \cdot 218,7 \cdot 1,006 \cdot (26,6 + 4)} = 290661,$$

					ХМДн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $\alpha_1 = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопередачі для примусовій циркуляції повітря;

$r(t) = 2836 \text{ кДж}/\text{кг}$ – теплота фазового перетворення;

$C_p = 1,006 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ – питома теплоємність повітря;

$F_0 = 250 \text{ м}^2$ – площа приладів охолодження;

$F_{np} = 218,7 \text{ м}^2$ – площа поверхні продукту.

Вологовміст у камері

$$d_{\text{кам}} = 0,622 \cdot \frac{\varphi_{\text{кам}} \cdot P_s(t_{\text{кам}}^p)}{B - \varphi_{\text{кам}} \cdot P_s(t_{\text{кам}}^p)} = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,813}{100 - 0,8 \cdot 0,813} = 0,0041 \text{ кг} / \text{кг}.$$

Температура інієутворення

$$t_{\text{ин}} = \frac{(\alpha)_{np} \cdot t_{\text{кам}}^p + \frac{\lambda_{\text{ин}}}{\delta_{\text{ин}}} \cdot t_{\text{нов}}}{(\alpha)_{np} + \frac{\lambda_{\text{ин}}}{\delta_{\text{ин}}}},$$

де у момент початку інієутворення $\tau = 0 \Rightarrow t_{\text{нов}} = t_p + 0,5^\circ\text{C} = -1 + 0,5 = -0,5^\circ\text{C}$, $\delta_{\text{ин}} = 0 \text{ мм}$.

Вологовміст на поверхні інія

$$d_{\text{пов ин}} = 0,622 \cdot \frac{\varphi_{\text{нов}} \cdot P_s(t_{\text{нов}})}{B - \varphi_{\text{нов}} \cdot P_s(t_{\text{нов}})} = 0,622 \cdot \frac{1,0 \cdot 0,588}{100 - 1,0 \cdot 0,588} = 0,0037 \text{ кг} / \text{кг}.$$

Зведений коефіцієнт тепловіддачі

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$(\alpha)_{np} = \alpha_k \cdot \xi + \alpha_l,$$

де $\alpha_l = 1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – променистий коефіцієнт тепловіддачі;

$\alpha_k = 5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – конвективний коефіцієнт тепловіддачі.

Коефіцієнт вологовипадіння

$$\xi = 1 + \frac{d_{кам} - d_{нов}}{t_{кам} - t_{нов}} \cdot \frac{r(t)}{c_{в.п}} = 1 + \frac{0,0041 - 0,0037}{4 - (-0,5)} \cdot \frac{2836}{1,008} = 1,25,$$

де теплоємність вологого повітря

$$c_{в.п} = c_p + 1,87 \cdot d_{кам} = 1,006 + 1,87 \cdot 0,0041 = 1,008 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{К)}.$$

$$\text{Тоді } (\alpha)_{зв} = \alpha_k \cdot \xi + \alpha_l = 5 \cdot 1,25 + 1 = 7,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Задаємося товщиною інія $\delta_{ин} = 1 \text{ мм}$, тоді $t_{нов} = t_{ин}$, $\lambda_{ин} = 0,16 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт теплопровідності інію.

Температура інієутворення при $\delta_{ин} = 1 \text{ мм}$

$$t_{ин} = \frac{(\alpha)_{зв} \cdot t_{кам} + \frac{\lambda_{ин}}{\delta_{ин}} \cdot t_{нов}}{(\alpha)_{зв} + \frac{\lambda_{ин}}{\delta_{ин}}} = \frac{7,2 \cdot 4 + \frac{0,16}{0,001} \cdot (-0,5)}{7,2 + \frac{0,16}{0,001}} = -0,3^\circ \text{C}.$$

Вологовміст біля поверхні інею $\delta_{ин} = 1 \text{ мм}$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$d_{\text{повін}} = 0.622 \cdot \frac{\varphi_{\text{нов}} \cdot P_s(t_{\text{нов}})}{B - \varphi_{\text{нов}} \cdot P_s(t_{\text{нов}})} = 0.622 \cdot \frac{1,0 \cdot 0,6}{100 - 1,0 \cdot 0,6} = 0,00375 \text{ кг / кг}.$$

Рівноважна вологість в камері

$$\varphi_{\text{кам}}^p = \frac{100 + z_k \cdot d_{\text{но}}''}{100 + z_k \cdot d_{\text{кам}}''} = \frac{100 + 290661 \cdot 0,0037}{100 + 290661 \cdot 0,0041} = 0,91\%.$$

1.6 Розрахунок і підбір обладнання системи охолодження камери

Вибір системи охолодження

Для підтримання необхідних температур у камерах відповідно до вихідних даних вибираємо розсільну схему холодильної установки з холодоносієм – водним розчином пропиленгліколю. Для охолодження холодоносія в випарнику вибираємо одноступеневу парокомпресійну холодильну машину, що працює на холодильному агенті R134a. Для підвищення ефективності роботи холодильної машини та запобіганню потрапляння рідкого холодильного агенту у компресор вибираємо схему з регенеративним теплообмінником.

Підбір приладів охолодження

Площа камери 144 м^2 ; температура у камері $t_{\text{кам}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$; теплове навантаження на обладнання $Q_0 = 20565 \text{ Вт}$.

З метою зменшення усихання фруктів у камері під час їх зберігання та прискорення тривалості процесу виходу камери на стаціонарний режим роботи обираємо прилади охолодження – повітроохолоджувачі низькою швидкістю руху повітря та малим значенням температурного напору $\Delta t = 4 - 6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Теплове навантаження на обладнання $Q_0 = 20565 \text{ Вт}$.

Необхідна площа поверхні повітроохолоджувача

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$F = \frac{\dot{Q}_0}{k \cdot \Delta t},$$

де $k = 17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ – коефіцієнт теплопередачі для повітроохолоджувача

$$F = \frac{20565}{17 \cdot 5} = 242 \text{ м}^2.$$

З метою більш рівномірного розподілу джерел охолодження у холодильній камері підбираємо 5 повітроохолоджувачів ВОП-50 ([7, табл. 14.7]). Надлишок поверхні теплообміну дозволить забезпечувати стабільну роботу камери під час пікових температур у теплий період року.

Визначимо достатність циркуляції охолодженого повітря через повітроохолоджувачі.

Задаємося зміною температури у повітроохолоджувачі $\Delta t_{\text{ПО}} = 2..5 \text{ }^\circ\text{C} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура повітря, що надходить до повітроохолоджувача складе

$$t_1 = t_{\text{КАМ}} + \frac{\Delta t_{\text{ВО}}}{2} = 4 + \frac{4}{2} = 6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Питома ентальпія повітря у повітроохолоджувачі

$$h_1 = (1,01 + 1,97 \cdot d_{\text{ПО}}) \cdot t_1 + 2493 \cdot d_{\text{ПО}},$$

$$\text{де } d_{\text{ПО}} = 0,622 \cdot \frac{\varphi_{\text{КАМ}} \cdot P_s(t_{\text{КАМ}})}{B - \varphi_{\text{КАМ}} \cdot P_s(t_{\text{КАМ}})} = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 813}{10^5 - 0,8 \cdot 813} = 0,0041 \text{ кг / кг} -$$

вологівміст повітря при параметрах у камері.

Тоді питома ентальпія повітря на вході до повітроохолоджувача складе

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$h_1 = (1,01 + 1,97 \cdot 0,0041) \cdot 6 + 2493 \cdot 0,0041 = 16,3 \text{ кДж/кг.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для повітря, що виходить з повітроохолоджувача:

– температура

$$t_2 = t_{\text{КАМ}} - \frac{\Delta t_{\text{ПО}}}{2} = 4 - \frac{4}{2} = 2 \text{ }^\circ\text{C};$$

– питома ентальпія

$$\begin{aligned} h_2 &= (1,01 + 1,97 \cdot d_{\text{ПО}}) \cdot t_2 + 2493 \cdot d_{\text{ПО}} = \\ &= (1,01 + 1,97 \cdot 0,0041) \cdot 2 + 2493 \cdot 0,0041 = 12,3 \text{ кДж / кг.} \end{aligned}$$

Необхідна об'ємна витрата повітря

$$\dot{V}_B = \frac{\dot{Q}_0}{\rho \cdot \Delta h};$$

$$V_B = \frac{22,565}{1,29 \cdot (16,3 - 12,3)} = 4,37 \text{ м}^3/\text{с},$$

де $\rho = 1,29 \text{ м}^3/\text{кг}$ – густина повітря при нормальних фізичних умовах.

Повітроохолоджувач ВОП-50 укомплектовано двома вентиляторами об'ємною продуктивністю $0,66 \text{ м}^3/\text{с}$ кожен. При кількості повітроохолоджувачів 5 шт., загальна витрата охолодженого повітря складе

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$5 \cdot 2 \cdot 0,66 = 6,6 \text{ м}^3 / \text{с},$$

що з надлишком забезпечує необхідну витрату повітря, а отже, перепад температур у камері при роботі усіх вентиляторів на номінальному режимі буде меншим.

Додаткові технічні характеристики повітроохолоджувача ВОП-50:

- площа поверхні теплопередачі 50 м^2 ;
- крок ребер $13,4 \text{ мм}$;
- частота обертання вентилятора $16,7 \text{ об} / \text{с}$;
- потужність приводу вентилятора $0,4 \text{ кВт}$;
- кількість вентиляторів – 2 шт.;
- об'ємна витрата повітря одного вентилятора на номінальному режимі роботи $0,66 \text{ м}^3 / \text{с}$;
- наявність електронагрівачів – так;
- місткість за аміаком $24,6 \text{ дм}^3$;
- маса (без холодоагенту) 340 кг .

Теплообмінна поверхня створена на базі сталевих безшовних труб діаметром $25 \times 2 \text{ мм}$. Ребра пластинчасті сталеві розміром $460 \times 140 \times 0,4 \text{ мм}$ посажені на два ряди труб (по 6 труб на кожному ряду). Розміщення труб коридорне з відстанню по осі труб $76 \times 70 \text{ мм}$.

Зовнішній вигляд повітроохолоджувача стелевого типу ВОП-50 поданий на рис. 1.15.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

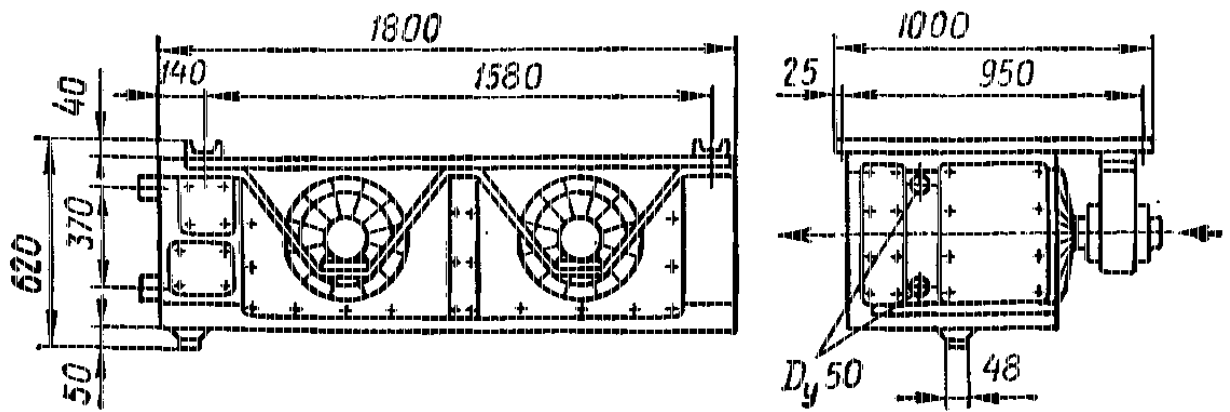


Рисунок 1.15 – Зовнішній вигляд повітроохолоджувача стелевого типу ВОП-50 [9]

З метою визначення потужності компресора, теплового навантаження на теплообмінники (конденсатор, регенеративний теплообмінник) та подальшим вибором обладнання виконаємо тепловий розрахунок одноступеневої парокомпресійної холодильної машини. Для розрахунку необхідно знати температури конденсації та кипіння холодильного агента. Конденсація відбувається у навколишнє середовище за допомогою конденсатора повітряного охолодження. Температура конденсації холодильного агента

$$t_k = t_{o.c} + \Delta t_n + \Delta t_{HP} = 29 + 6 + 10 = 45 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де Δt_n – нагрівання повітря у конденсаторі; Δt_{HP} – недорекуперація у конденсаторі.

Температура кипіння холодильного агента

$$t_0 = t_{кам} - \Delta t_{ПО} / 2 - \Delta t_{HP1} - \Delta t_{HP2} = 4 - 4 / 2 - 10 - 5 = -13 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $\Delta t_{ПО}$ – нагрівання холодоносія у випарнику; Δt_{HP1} – недорекуперація у приладі охолодження (повітроохолоджувач); Δt_{HP2} – недорекуперація у випарнику.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.7 Тепловий розрахунок одноступеневої парокompресійної холодильної машини

На рис. 1.16 подана принципова схема і цикл в p, h -координатах одноступеневої парокompресійної холодильної машини.

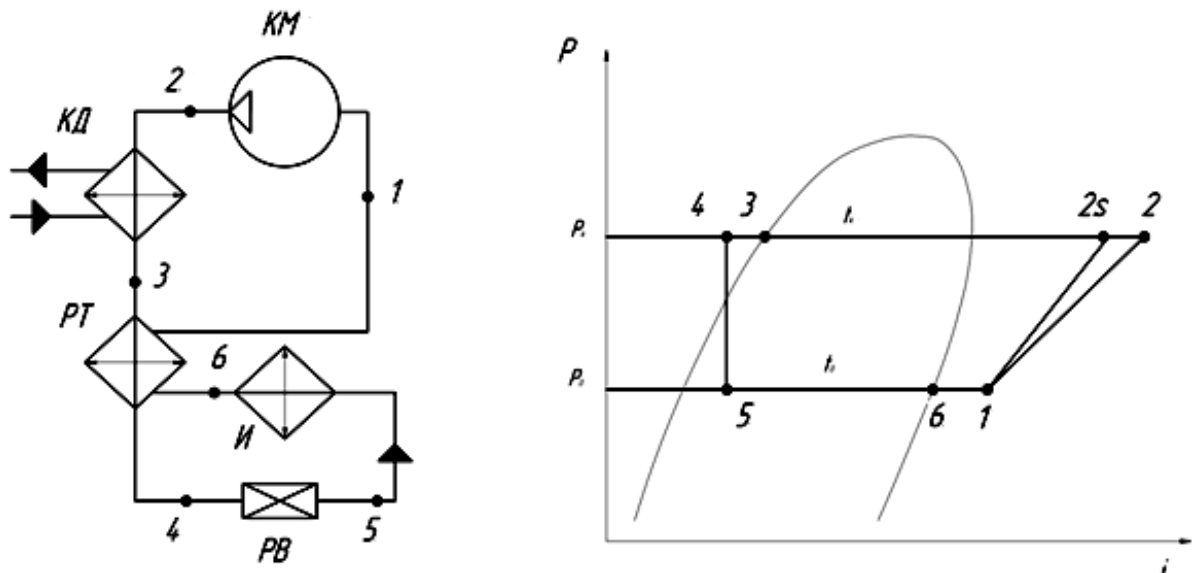


Рисунок 1.16 – Принципова схема і цикл у p, h - координатах одноступеневої парокompресійної холодильної машини (ПКХМ)

Умовні позначення елементів ПКХМ, подані на рис. 1.1:

KM – компресор; $KД$ – конденсатор; PT – регенеративний теплообмінник; $PВ$ – дросельний вентиль; $И$ – випарник

Термодинамічні процеси, що утворюють цикл одноступеневої ПКХМ:

1-2 – політропне (дійсне) стиснення пари холодильного агента в компресорі KM від тиску кипіння p_0 до тиску конденсації p_k ;

1-2s – адіабатне (теоретичне) стиснення пари холодильного агента в компресорі KM від тиску кипіння p_0 до тиску конденсації p_k ;

2-3 – ізобарне відведення тепла в конденсаторі $KД$ за умови тиску p_k ;

3-4 – переохолодження холодильного агенту за умови тиску p_k у РТ;
 4-5 – дроселювання холодильного агенту в РВ від тиску p_k до p_0 ;
 5-6 – ізобарне підведення тепла у випарнику В холодильної машини за умови тиску p_0 ;

6-1 – перегрівання пари холодильного агенту у РТ.

Як холодильний агент задаємося R134a.

Розрахунковий (робочий) режим роботи ПКХМ

Розглянемо регенеративний теплообмінник РТ.

Стан після РТ (т. 4) знаходимо з розгляду виразу теплового балансу РТ

$$h_3 - h_4 = h_1 - h_6,$$

$$h_4 = h_3 - (h_1 - h_6),$$

$$h_4 = 263,9 - (402 - 390,9) = 252,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Дійсні параметри в точці «2»

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{oi}} = 402 + \frac{444 - 402}{0,8} = 455 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

де η_{oi} – відносний внутрішній ККД компресора.

Параметри в вузлових точках циклу ПКХМ наведені в таблиці 1.5.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Параметри циклу у вузлових точках циклу ПКХМ (розрахунковий режим роботи)

Параметры	1	2s	2	3	4	5	6
$t, ^\circ C$	0	65	75	45	39	-13	-13
$p, МПа$	0,178	1,16	1,16	1,16	1,16	0,178	0,178
$h, \frac{кДж}{кг}$	402	444	455	263,9	252,8	252,8	390,9
x	–	–	–	0	–	0,347	1
$s, кДж / (кг \cdot K)$	1,776	1,776	1,81	1,214	1,186	1,213	1,735

Ступінь підвищення тиску у циклі

$$\pi = \frac{p_k}{p_0} = \frac{1,16}{0,178} = 6,52.$$

Отримане значення ступеня підвищення тиску у циклі задовільняє умові застосування одноступеневого поршневого компресора, тому що $\pi = 6,52 < 8$.

Питома холодопродуктивність

$$q_0 = h_6 - h_5 = 390,9 - 252,8 = 138,1 \frac{кДж}{кг}.$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор

$$q_k = h_2 - h_3 = 455 - 263,9 = 191,1 \frac{кДж}{кг}.$$

Питоме теплове навантаження на РТ

$$q_{PT} = h_3 - h_4 = 263,9 - 252,8 = 11,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Холодопродуктивність

$$\dot{Q}_0 = 20,565 \text{ кВт}.$$

Масова витрата холодильного агенту

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{20,565}{138,1} = 0,149 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Теплове навантаження на конденсатор

$$\dot{Q}_{KD} = q_K \cdot \dot{m}_a = 191,1 \cdot 0,149 = 28,46 \text{ кВт}.$$

Теплове навантаження на РТ

$$\dot{Q}_{PT} = q_{PT} \cdot \dot{m}_a = 11,1 \cdot 0,149 = 1,65 \text{ кВт}.$$

Питома робота компресора

$$l_K = h_2 - h_1 = 455 - 402 = 53 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Внутрішня потужність компресора

$$N_K = l_K \cdot \dot{m}_a = 53 \cdot 0,149 = 7,9 \text{ кВт}.$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Електрична потужність двигуна компресора

$$N_{ел} = \frac{N_K}{\eta_{ел} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{мех}} = \frac{7,9}{0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,95} = 9,12 \text{ кВт},$$

де $\eta_{ел}$ – електричний ККД двигуна; $\eta_{пер}$ – механічний ККД передачі між двигуном і валом компресора; $\eta_{мех}$ – механічний ККД, що враховує втрати на тертя у елементах компресора, що мають безпосередній контакт.

Коефіцієнт термотрансформації циклу ПКХМ за електричною потужністю

$$COP_e = \frac{\dot{Q}_0}{N_{ел}} = \frac{20,565}{9,12} = 2,25.$$

Стандартний режим роботи ПКХМ

Для середньотемпературного стандартного режиму задаємося температурами:

$$t_0 = -15^\circ\text{C}; t_\kappa = 30^\circ\text{C}; t_n = 25^\circ\text{C}; t_{сc} = 0^\circ\text{C}.$$

Таблиця 1.6 – Параметри циклу у вузлових точках циклу ПКХМ (стандартний режим роботи)

Параметры	1	2s	2	3	4	5	6
$t, ^\circ\text{C}$	0	51	61	30	25	-15	-15
$p, \text{МПа}$	0,164	0,770	0,770	0,770	0,770	0,164	0,164
$h, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	402	437	446	241,7	234	234	389,6
x	–	–	–	0	–	0,260	1
$s, \text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$	1,784	1,784	1,813	1,143	1,120	1,213	1,737

Ступінь підвищення тиску у циклі за умови стандартного режиму роботи

$$\pi = \frac{p_k}{p_0} = \frac{0,770}{0,164} = 4,7.$$

Отримане значення ступеня підвищення тиску у циклі задовільняє умові застосування одноступеневого поршневого компресора, тому що $\pi = 4,7 < 8$.

Дійсні параметри в точці «2»

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{oi}} = 402 + \frac{437 - 402}{0,8} = 446 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питома холодопродуктивність

$$q_0 = h_6 - h_5 = 389,6 - 234 = 155,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор

$$q_K = h_2 - h_3 = 446 - 241,7 = 204,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питоме теплове навантаження на РТ

$$q_{РТ} = h_3 - h_4 = 241,7 - 234 = 7,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Холодопродуктивність

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\dot{Q}_0 = 20,565 \text{ кВт} .$$

Масова витрата холодильного агенту

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{20,565}{155,6} = 0,132 \frac{\text{кг}}{\text{с}} .$$

Теплове навантаження на конденсатор

$$\dot{Q}_{\text{КД}} = q_{\text{К}} \cdot \dot{m}_a = 204,3 \cdot 0,132 = 27,0 \text{ кВт} .$$

Теплове навантаження на РТ

$$\dot{Q}_{\text{РТ}} = q_{\text{РТ}} \cdot \dot{m}_a = 7,7 \cdot 0,132 = 1,02 \text{ кВт} .$$

Питома робота компресора

$$l_{\text{К}} = h_2 - h_1 = 446 - 402 = 44 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} .$$

Внутрішня потужність компресора

$$N_{\text{К}} = l_{\text{К}} \cdot \dot{m}_a = 44 \cdot 0,132 = 5,82 \text{ кВт} .$$

Електрична потужність двигуна компресора на стандартному режимі роботи

$$N_{\text{ел}} = \frac{N_{\text{К}}}{\eta_{\text{ел}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{мех}}} = \frac{5,82}{0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,95} = 6,72 \text{ кВт} ,$$

Коефіцієнт термотрансформації циклу ПКХМ на стандартному режимі роботи

$$\text{COP}_e = \frac{\dot{Q}_0}{N_{\text{ел}}} = \frac{20,565}{6,72} = 3,06 .$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

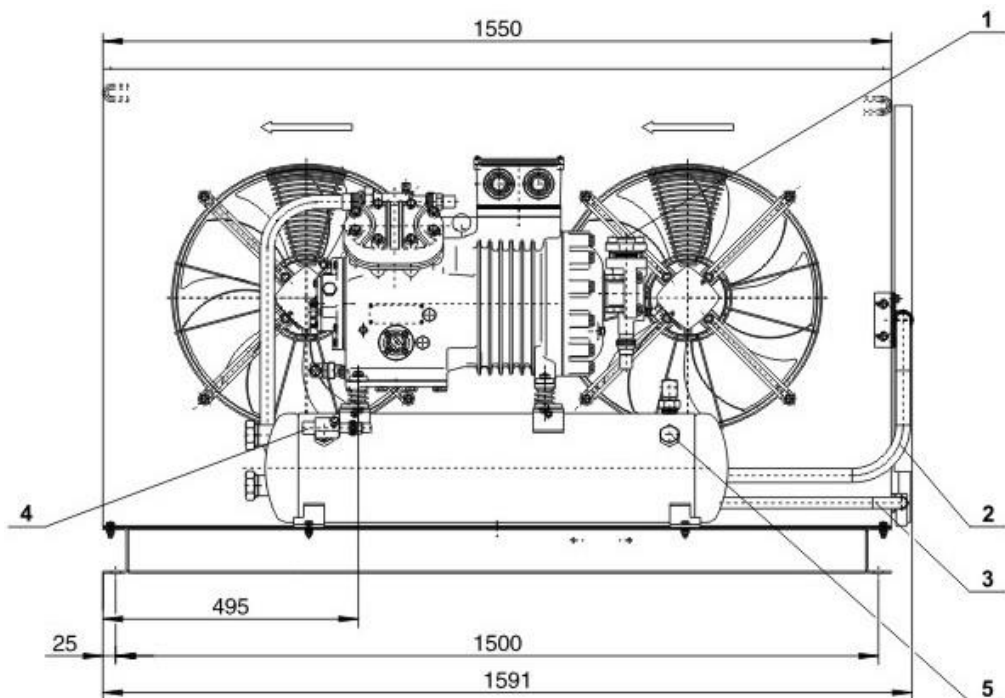
Подальший розрахунок будемо виконувати для робочого режиму, тому що потужність електродвигуна є більшою.

1.8 Підбір основного обладнання холодильної установки

Підбір компресорно-конденсаторного агрегату

Використовуючи каталог компанії Bitzer [10], за відомою величиною холодопродуктивності $\dot{Q}_0 = 20,565 \text{ кВт}$, холодильним агентом R134a, температурою кипіння $t_0 = -13 \text{ }^\circ\text{C}$, температурою всмоктування $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ і температурою навколишнього середовища $t_{o,c} = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ вибираємо компресорно-конденсаторний агрегат на основі поршневого компресора з вбудованим електродвигуном та конденсатора повітряного охолодження, модель LN135E/4GE-23Y-25P. Його основні характеристики: холодопродуктивність 22,0 кВт (запас дозволяє забезпечити пікові коливання холодопродуктивності), споживана електрична потужність за умови підключення до мережі змінного струму напругою 230 В – 10,11 кВт, температура конденсації 45,1 °С, масова витрата холодильного агенту 559 кг/год = 0,155 кг/с.

Зовнішній вигляд компресорно-конденсаторного агрегату поданий на рис. 1.17.



					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

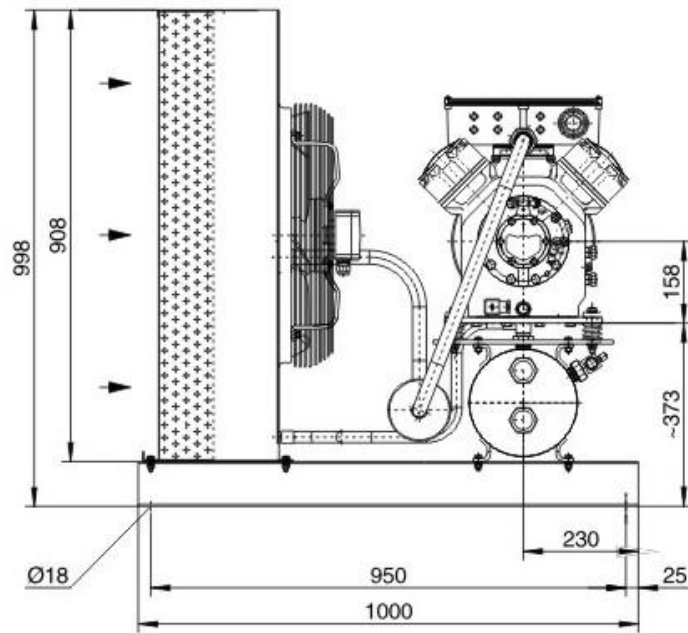


Рисунок 1.17 – Компресорно-конденсаторний агрегат
LN135E/4GE-23Y-25P [10]

Підбір випарника

Випарник слугує для охолодження пропіленгліколю, що подається до повітроохолоджувачів. Відбирання тепла реалізується за рахунок кипіння холодильного агента.

Підбір виконуємо за такими вихідними даними:

- холодопродуктивність $\dot{Q}_0 = 20,565 \text{ кВт}$;
- температура кипіння холодильного агента $t_0 = -13 \text{ }^\circ\text{C}$;
- початкова температура пропіленгліколю $t'_2 = -4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцева температура пропіленгліколю $t''_2 = -8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Середній логарифмічний температурний напір у апараті

$$\Delta t = \frac{t'_2 - t''_2}{\ln \frac{t'_2 - t_0}{t''_2 - t_0}} = \frac{-4 - (-8)}{\ln \frac{-4 - (-13)}{-8 - (-13)}} = 6,8 \text{ }^\circ\text{C} .$$

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Оцінне значення коефіцієнта теплопередачі апарату

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{кин}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{конв}}} = \frac{1}{\frac{1}{700} + \frac{0,002}{93} + \frac{1}{1500}} = 471 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де $\alpha_{кин}$ – оцінне значення середнього коефіцієнта тепловіддачі при кипінні органічних речовин (холодильний агент);

$\alpha_{конв}$ – оцінне значення середнього коефіцієнта тепловіддачі при вимушеній конвекції в трубах для органічних середовищ;

δ_c – товщина стінки поверхні теплообміну;

λ_c – коефіцієнт теплопровідності матеріалу поверхні теплопередачі (задається латунь).

Підбираємо кожухотрубний випарник з нерухомою трубною решіткою горизонтальний типу ИТГ.

Необхідна площа поверхні теплопередачі випарника

$$F = \frac{\dot{Q}_0}{k \cdot \Delta t} = \frac{20,565 \cdot 10^3}{471 \cdot 6,8} = 6,42 \text{ м}^2.$$

Підбираємо горизонтальний кожухотрубний випарник затопленого типу з нерухомою трубною решіткою типу ИТГ-6,5 (ГОСТ 15119-79), що має такі технічні характеристики:

- площа поверхні теплопередачі 6,5 м²;
- поверхня теплопередачі – труби 25×2 мм;
- кількість ходів по трубному простору – 2;
- теплоносій у трубному просторі – пропіленгліколь;
- теплоносій у трубному просторі – холодильний агент R134a;
- діаметр кожуха – 325 мм;

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- довжина труби апарату – 1,5 м;
- загальна кількість труб – 56 шт.

Зовнішній вигляд випарника типу ИТГ поданий на рис. 1.18.

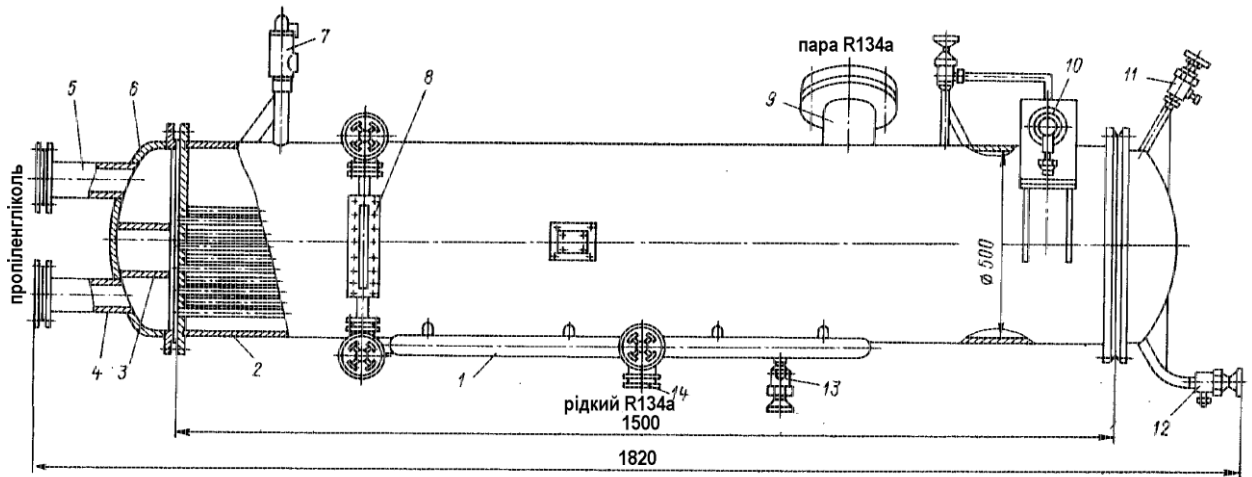


Рисунок 1.18 – Зовнішній вигляд фреонового випарника типу ИТГ затопленого типу

Умовні позначення до рис. 1.18: 1 – рідинний колектор; 2 – обичайка; 3 – перегородки; 4, 5 – штуцери для входу та виходу пропіленгліколю; 6 – кришка; 7 – запобіжний клапан; 8 – показчик рівня; 9, 14 – штуцери для виходу та входу холодильного агенту (R134a); 10 – манометр; 11 – кран для спускання повітря; 12 – кран для спускання пропіленгліколю; 13 – вентиль для спускання мастила.

1.9 Підбір допоміжного обладнання холодильної установки

Підбір ресиверів

Підбір лінійного ресивера

Лінійний ресивер підбирають виходячи з об'єму випарної системи і залежно від способу подачі холодильного агенту до приладів охолодження.

Об'єм лінійного ресивера

										Аркуш
										52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

$$V_{л.рр} = \frac{0,3 \cdot V_{вин}}{0,5} \cdot 1,2 \text{ м}^3 = 0,7 \cdot V_{вин},$$

де $V_{вин}$ – місткість випарникової системи, м^3 ;

0,5 – коефіцієнт, що враховує норму заповнення ресивера при експлуатації (50 % від об'єму).

Об'єм випарникової системи

$$V_{вин} = V_{BP} \cdot K,$$

де $V_{BP} = 83 \text{ дм}^3$ – місткість випарника пропіленгліколю за холодильним агентом;

$K_1 = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує заповнення холодоагентом приладів охолодження;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує наявність холодильного агенту у з'єднувальних трубопроводах

$$V_{вин} = 83 \cdot 0,5 \cdot 1,2 = 49,8 \text{ л} \approx 0,05 \text{ м}^3;$$

$$V_{л.р} = \frac{0,3 \cdot 0,05}{0,5} \cdot 1,2 = 0,036 \text{ м}^3.$$

Підбираємо лінійний ресивер марки 0,4РВ. Розміри $D \times S = 476 \times 10 \text{ мм}$, $L = 3620 \text{ мм}$, $H = 570 \text{ мм}$, маса 410 кг.

Підбір дренажного ресивера

Дренажний ресивер підбирається виходячи з об'єму випарної системи за формулою:

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$V_{\partial.p} = 1,5 \cdot V_{ПО};$$

$$V_{\partial.p} = 1,5 \cdot 0,083 = 0,125 \text{ м}^3.$$

Підбираємо дренажний ресивер марки 0,4РВ. Розміри $D \times S = 476 \times 10 \text{ мм}$, $L = 3620 \text{ мм}$, $H = 570 \text{ мм}$, маса 410 кг.

Підбір регенеративного теплообмінника

Підбір виконуємо за такими вихідними даними:

- теплове навантаження $\dot{Q}_{PT} = 1,65 \text{ кВт}$;
- температура кипіння холодильного агента $t_0 = -13 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура конденсації холодильного агента $t_k = 45 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура холодильного агенту за умовами всмоктування у компресор $t_6 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура холодильного агенту перед дросельним вентиляем $t_4 = 39 \text{ }^\circ\text{C}$;
- схема руху теплоносіїв у апараті – протитечія.

Середній логарифмічний температурний напір у апараті

$$\Delta t = \frac{(t_4 - t_0) - (t_k - t_6)}{\ln \frac{t_4 - t_0}{t_k - t_6}} = \frac{(39 - (-13)) - (45 - 0)}{\ln \frac{39 - (-13)}{45 - 0}} = 48,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Площа теплопередаючої поверхні регенеративного теплообмінника

$$F_{PT} = \frac{\dot{Q}_{PT}}{k \cdot \Delta t} = \frac{1,65 \cdot 10^3}{100 \cdot 48,4} = 0,32 \text{ м}^2.$$

де $k = 100 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопередачі регенеративного теплообмінника.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Підбираємо регенеративний теплообмінник марки ТФН-25 з табл. 7.1 [8] з параметрами: тип апарату – кожухозмійовиковий горизонтальний; площа поверхні – 0,32 м²; труби гладкі – 10×1 мм; матеріал труби – мідь; кількість змійовиків – 2; маса теплообмінника – 13,6 кг.

Зовнішній вигляд регенеративного теплообмінника поданий на рис. 1.19.

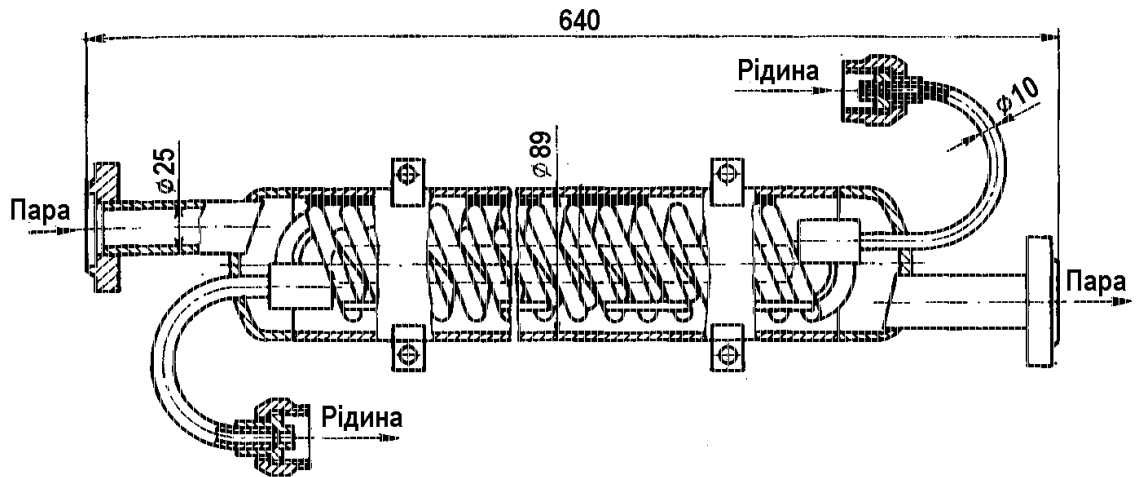


Рисунок 1.19 – Зовнішній вигляд регенеративного теплообмінника типу ТФН-25

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		55

РОЗДІЛ 2 "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ"

Загальні вимоги

Холодильне обладнання повинно відповідати ДНАОП 0.00-1.07-94 "Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском", ГОСТ 12.2.003 "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки", ПБ 09-592-03 "Правила будови і безпечної експлуатації холодильних систем".

У ГОСТ 12.0.003-74 "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація » наводиться класифікація елементів умов праці, які виступають в ролі небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони поділяються на чотири групи: фізичні хімічні, біологічні та психофізичні.

До небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- незадовільні метеорологічні умови;
- забрудненість повітря виробничого пилом і шкідливими речовинами;
- несприятливий освітлення;
- шум і вібрація, що перевищують допустимі норми;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань;
- рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, які рухаються виробу (матеріали, заготовки), руйнуються конструкції і ряд інших чинників.

Попередження виникнення шкідливих виробничих факторів можливо тільки при строгому дотриманні санітарно-гігієнічних вимог і норм, визначених Санітарними нормами (СН), відповідними главами Будівельних норм і правил Державних стандартів (ГОСТ, ДСТУ).

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів при роботі холодильної установки

Шум і вібрація на холодильних установках

Для зменшення вібрацій і шуму від устаткування холодильних установок та установок кондиціонування повітря передбачають такі заходи: обмежують окружну швидкість обертання робочих коліс вентиляторів і швидкість руху повітря; системи повітропроводів забезпечують глушниками, повітроводи звукоізолюючі; вентилятори, насоси та їх електродвигуни встановлюють на пружні опори або на віброізолюючі фундаменти; фундаменти під компресори і їх електродвигуни виконують окремо від фундаментів стін або колон будівлі машинного відділення; вхідні і вихідні патрубки вентиляторів з'єднують з повітроводами (трубопроводами) за допомогою гнучких вставок; своєчасно замінюють мастило, підшипників кочення насосів і вентиляторів, підшипники оглядають і за необхідності замінюють новими; усувають биття шківів і з'єднувальних муфт, перекося ремінних передач; підтримують стійкість балансування робочих коліс вентиляторів.

Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском

Спеціальні правила та інструкції Держнаглядохоронпраці поширюються на такі судини:

- посудини, що працюють під тиском 0,07 МПа;
- цистерни бочки для перевезення зріджених газів, тиск пари яких при температурі до 50 °С перевищує 0,07 МПа;
- посудини, цистерни для перевезення, зберігати зріджених газів, рідин і сипучих тіл без тиску, але спорожнюються під тиском понад 0,07 МПа;
- балони, призначені для зберігання, перевезення стиснених, зріджених і розчинених газів під тиском понад 0,07 МПа.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Посудина, що працює під тиском – це герметично закрита ємність призначена для ведення хімічних і теплових процесів а також для зберігання і перевезення стиснених, зріджених і розчинених газів під тиском.

Правила Держгіртехнагляду не поширюються на прилади парового і водяного опалення; посудини і балони місткістю не вище 0,025 м³ у яких добуток об'єму у кубічних метрах на робочий тиск у паскалях, не перевищує $2 \cdot 10^4$ Па·м³; частини машин, які не є самостійними посудин; посудини з неметалевих матеріалів; трубчасті печі незалежно від діаметра труб і деякі інші посудини.

На всі посудини і апарати холодильних установок, незалежно від виду застосовуваного хладагента, поширюються «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», затверджені Держгіртехнаглядом 25 грудня 1973 р.

Найбільш частими причинами аварій і вибухів посудин, що працюють під тиском, є: перевищення гранично допустимого, тиску, порушення температурного режиму, втрата посудиною механічної міцності, порушення технологічного режиму роботи, недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу, відсутність необхідного технічного нагляду.

При експлуатації балонів крім перерахованих причинами вибухів можуть бути удари, переповнення зрідженими газами, помилкове використання балонів не за призначенням, потрапляння мастила на вентиль кисневого балона, швидке наповнення балонів із різким підвищенням температури.

2.2 Вимоги до контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв і арматури

Для управління роботою посудини і забезпечення безпечної її експлуатації їх обладнають приладами для вимірювання тиску і температури, запобіжними пристроями, запірною арматурою, показчиками рівня рідини.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

На всіх посудинах встановлюють манометри з класом точності не гірше ніж 2,5. Клас точності манометра характеризується допустимою похибкою (у %) при вимірюванні тиску. Підбирають манометри з такою шкалою, щоб робочий тиск знаходилося у другій третині шкали. На шкалу манометра наносять червону риску, що відповідає максимальному робочому тиску. Дозволяється замість нанесення червоної межі прикріплювати до корпусу манометра металеву пластинку, пофарбовану в червоний колір.

На посудині манометр встановлюють так, щоб його показники були добре видимі обслуговуючому персоналу. Шкала манометра повинна перебувати у вертикальній площині або з нахилом вперед на кут до 30°. Діаметр манометра, що встановлюється на висоті від 2 до 5 м від рівня площадки спостереження, повинен бути не менше 150 мм. На висоті понад 6 м від рівня площадки обслуговування манометри встановлювати не дозволяється.

Манометр не дозволяється до застосування, якщо відсутня пломба або клеймо, прострочений термін повірки, стрілка манометра після його виключення не повертається на нульову позначку шкали, розбите скло, пошкоджений корпус.

Повірка манометрів з клеймом Державного комітету України по стандартам виконується не рідше одного разу на 12 місяців. На відбитку пломби або клеймі наносять такі дані: особистий знак державного повірчого, місяць і рік повірки. Не рідше одного разу на 6 міс. на підприємстві перевіряють покази манометрів по контрольному приладу, записуючи результати в журнал.

Кількість запобіжних клапанів, їх розміри і пропускну здатність розраховують з умови, щоб у посудині тиск не перевищував робочий більше ніж на 0,05 МПа для судин з робочим тиском до 0,3 МПа включно, на 15 % для посудин з робочим тиском від 0,3 до 6,0 МПа і на 10 % для судин з робочим тиском понад 6,0 МПа. Конструкція пружинних запобіжних клапанів повинна виключати можливість затягування пружини понад величину, встановлену для даного клапана. Не рідше одного разу на 12 місяців запобіжні клапани

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

перевіряють на стенді на спрацьовування з подальшим опломбуванням. Якщо за характером виробництва запобіжний клапан не може надійно працювати, то посудину обладнають запобіжною пластиною, яка розривається при тиску у посудині, що перевищує робочий більше ніж на 25 %. Запобіжні пластини повинні мати заводське клеймо, на якому зазначено тиск, при якому розриваються пластини.

Посудина, що працює під тиском, меншим від тиску джерела, що його живить, обладнають автоматичним редуруючим пристроєм з манометром і запобіжним клапаном, встановленим на стороні меншого тиску після пристрою для редукування.

Робоче середовище, що виходить із запобіжного клапана, відводиться у безпечне місце. Відвідні труби обладнують пристроєм для зливання конденсату; встановлення запірних органів на них не дозволена.

Запірну арматуру встановлюють лише на тих трубопроводах, які безпосередньо підводять або відводять робоче середовище від посудин. Встановлення запірної арматури між посудиною і запобіжним клапаном не допускається. Дозволяється встановлення двох запобіжних клапанів на триходовому вентилі спеціальної конструкції. Конструкція його така, щоб при будь-якому положенні шпинделя з посудиною були з'єднані один або обидва клапани.

Між посудиною з отруйним або вибухонебезпечним середовищем і компресором встановлюють зворотний клапан, який автоматично закривається тиском з посудини.

2.3 Захисні засоби і правила користування ними

Обслуговуючий персонал аміачних холодильних установок забезпечують індивідуальними засобами захисту та медикаментами для надання першої долікарської допомоги. До індивідуальних засобів захисту відносяться: фільтруючі протигази марки КД з фільтруючою коробкою сірого кольору, га-

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

зонепроникні універсальні рятувальні гідрокостюми (типу УСПС), гумові рукавички і чоботи, захисні окуляри, ізолюючі дихальні апарати. Дуже часто використовують киснево-ізолюючі прилади КВП-5 і КВП-7, які складні в зверненні.

Несправність, приладу або його невміле використання можуть призвести до нещасного випадку. Тому застосування киснево-ізолюючих приладів в аварійній ситуації не рекомендується. В даний час киснево-ізолюючі прилади замінюють ізолюючими дихальними апаратами стиснутого повітря типу АСВ.

Фільтруючі протигази застосовують при вмісті в атмосфері не менше 16 % вільного кисню (за об'ємом) і не більше 0,6 % шкідливих речовин.

Шафи для зберігання протигазів і апаратів типу АСВ встановлюють біля виходу з машинного відділення, зовні машинного відділення (поруч із вхідними дверима), в коридорах, прилеглих до холодильних камер з безпосереднім охолодженням, а також в цехах з технологічним обладнанням безпосереднього охолодження. У кожному зі встановлених всередині і зовні машинного відділення, зберігають протигази в кількості, що дорівнює числу робочих машинного відділення, і не менше двох апаратів типу АСВ. В інших шафах зберігають протигази в кількості, що дорівнює числу одночасно працюючих в камерах або цехах людей, і не менше двох апаратів типу АСВ. У шафі, встановленій зовні машинного відділення знаходяться також запасні фільтри до протигазів, кількість яких відповідає числу робочих машинного відділення, що працюють в одну зміну. На підприємстві зберігають не менше двох гідрокостюмів типу УСГК, які використовують при веденні аварійних робіт.

Під час роботи обслуговуючий персонал машинного відділення зобов'язаний мати при собі протигази і негайно одягати їх при підвищенні концентрації парів аміаку, раптових порушеннях в роботі установки, при зливанні аміаку з цистерни і заправці системи, а також за вказівкою особи,

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

відповідальної за безпечну експлуатацію установки, при виконанні робіт, пов'язаних з небезпекою виходу пароподібного або рідкого аміаку. На протигазі індивідуального користування заводять картки обліку, до яких заносяться: дату видачі, дату останнього огляду і чергової перевірки, місце зберігання, прізвище працюючого з протигазом. Протигазі перевіряють на газонепроникність щодо аміаку не рідше одного разу на 6 місяців. Справність апаратів типу АСВ перевіряють у терміни, зазначені в інструкції заводу-виробника.

Особливо важливо правильно покористуватися індивідуальними засобами захисту в аварійній ситуації. Тому на аміачних холодильних установках виконують щоквартальні тренування з попередження та ліквідації аварійних ситуацій і використання індивідуальних засобів захисту за програмою, затвердженою головним інженером підприємства.

При аварійному витіканні аміаку у результаті порушення щільності або цілісності апарату, трубопроводу або компресора необхідно: негайно вимкнути електроживлення всіх двигунів установки за допомогою кнопки аварійного відключення; надіти протигаз; вивести людей, які не встигли покинути приміщення компресорного цеху, назовні, надати постраждалим першу долікарську допомогу і викликати по телефону швидку медичну допомогу; перекрити запірні вентилі для припинення подальшого надходження аміаку до приміщення.

На компресорах перекривають нагнітальні і всмоктувальні вентилі, на апаратах – вентилі на трубопроводах, що підводять і відводять аміак. При цьому, в першу чергу, перекривають вентилі з боку високого тиску і на трубопроводах з рідким середовищем.

У випадку витікання аміаку з охолоджувальних приладів (батареї повітроохолоджувачів) необхідно:

– надіти протигаз;

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- забезпечити евакуацію людей із загазованого приміщення до безпечної зони;
- від'єднати пошкоджену ділянку від системи, заклавши запірні вентиля на трубопроводах подачі рідини і видалити пари аміаку з цієї ділянки;
- надати постраждалим першу долікарську допомогу, за необхідності викликати лікаря;
- провітрити загазоване приміщення.

Входити до приміщення, загазоване аміаком, без протигазу забороняється. При аварійній ситуації у приміщенні, що містить пари аміаку, виконувати роботи допускається лише за участю у них не менше двох осіб і за наявності наряду-допуску. Поза загазованої зони зобов'язаний перебувати спостерігач з протигазом, а також особа, відповідальна за безпечну експлуатацію холодильної установки.

Припинення захисної дії фільтруючої коробки протигазу визначають за появою запаху аміаку під маскою. При відчутті слабого запаху аміаку необхідно негайно вийти із загазованого приміщення і замінити коробку новою.

Мінімально необхідний набір медикаментів і засобів для надання долікарської допомоги в аптечці такий: стерильні перев'язувальні матеріали та кровоспинні засоби, мазь Вишневського або пеніцилінова мазь, двовуглекисла сода, темні захисні окуляри, дерев'яні лопатки для нанесення мазі, нашатирний спирт і валеріанові краплі, 1-2 % -ний розчин лимонної кислоти, 3 % -ний розчин молочної кислоти, 2-4 % -ний розчин борної кислоти, 1 % -ний розчин новокаїну, кодеїн або діонін, спирт.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи було спроектовано холодильну установку, яка містить холодильну камеру для зберігання фруктів із використанням сендвіч-панелей як сучасної, популярної та ефективної технології монтажу. Холодильні сендвіч-панелі мають високі показники герметичності, термо- і гідроізоляції, а також прості у монтажі, демонтажі завдяки можливості збирання без використання додаткових ущільнювачів, герметиків, клею тощо. Створення щільної теплозахисної конструкції холодильної камери забезпечується завдяки замку типу шип-паз, що дозволяє ліквідувати «містки холоду», суттєво зменшити навантаження на фундамент камери, що, у свою чергу, не вимагає створювати його масивним, а отже, економить кошти та час на будівництво. Окрім того, сендвіч-панелі можуть мати різні профілі, різноманітну кольорову палітру. Матеріали утеплювачів, окрім високих теплофізичних характеристик, захищені від впливу мікроорганізмів (грибка, цвілі тощо) і агресивних середовищ. Вони мають водовідштовхувальні характеристики і добре переносять механічні навантаження.

Як холодильна машина була обрана одноступенева парокомпресійна з регенеративним теплообмінником. Застосування у циклі регенерації тепла дозволило покращити ефективність циклу, збільшити питому холодопродуктивність циклу та захистити компресор холодильної машини від можливого «вологого ходу». Як холодильний агент R134a (тетрафторетан), який відносять до негорючих та не вибухонебезпечних речовин, а також він має потенціал озонного руйнування ODP=0, у 8,39 рази менше впливає на парниковий ефект ніж R12, а ще має низьку вартість.

У роботі відповідно до вихідних даних та завдання було виконано розрахунок і планування холодильної камери. Теплове навантаження на холодильну установку було визначене з калоричного розрахунку охолоджуваних приміщень. У результаті теплового розрахунку холодильного циклу було

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

отримано термічні параметри холодильного агенту у характерних точках циклу, розраховано витрату холодильного агенту та усі теплові навантаження апаратів і потужність компресора. За цими показниками було виконано підбір основного та допоміжного обладнання: компресорно-конденсаторного агрегату на основі поршневого компресора та конденсатора повітряного охолодження, горизонтального кожухотрубного випарника для охолодження проміжного теплоносія та повітроохолоджувачів для відведення тепла з холодильної камери, регенеративного теплообмінника, ресиверів. До основних переваг апаратів повітряного охолодження належить їх автономність, відсутність необхідності застосування дороговартісного теплоносія, його підготовки та постійної компенсації втрат у системі охолодження.

У розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях наведено небезпечні та шкідливі фактори холодильного виробництва.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – <http://agro-archive.ru/primenenie-tepla/2326-holodilnye-ustanovki-primenyaemye-v-selskom-hozyaystve.html> Холодильные установки, применяемые в сельском хозяйстве.
2. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – <https://primeholod.com.ua/uslugi/holodilnoe-oborudovanie-selhoz> Холодильное оборудование для сельского хозяйства.
3. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – <https://vektragroup.ru/poleznoe/podbor-materialov/sendvich-paneli-dlya-kholodilnykh-i-morozilnykh-kamer-osobennosti-vybora-i-preimushchestva-stroitelstva/> Сэндвич-панели для холодильных и морозильных камер: особенности выбора и преимущества строительства.
4. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – <https://msk-holod.ru/info/articles/sendvich-paneli-dlya-kholodilnykh-kamer/> Сэндвич панели для холодильных камер.
5. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – <https://www.megaholod-nn.com/montazh-kamer-iz-sendvi4-paneley> Монтаж холодильных камер из сэндвич-панелей.
6. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – https://olteba.com/ru/article/montazh_holodilnoi_kameri Монтаж холодильной камеры.
7. Свердлов Г. З. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Г. З. Свердлов, Б. К. Явнель. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая пром-сть, 1978.
8. Теплообменные аппараты холодильных установок/ Г.Н. Данилова, С.Н. Богданов, О.П. Иванов и др.; Под общ. ред. д.т.н. Г.Н. Даниловой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 303 с., ил.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

9. Чумак И. Г. Холодильные установки. Проектирование: Учебное пособие для вузов / И. Г. Чумак, Д. Г. Никульшина – К.:Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 280 с.

10. [Электронный интернет-ресурс] : Режим доступа – <https://www.bitzer.de/websoftware/Calculate.aspx?cid=1618917155001&mod=LH> Каталог обладнання компанії Bitzer.

11. Кошкин Н. Н. Холодильные машины / Н. Н. Кошкин, И. А. Сакун и др. – Л.: Машиностроение, 1985 – 542 с.

12. Бамбушек Е. М. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / Е. М. Бамбушек, Н. Н. Бухарин и др. – Л.: Машиностроение, 1987 – 424 с.

					ХМдн 07.00.00.00 ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		