

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

_____ Сергій Блаженко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валентин Петренко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильні техніка та технологія

на тему: Проект плодоовочевої бази у м. Одеса на 10000 тон на базі різних схемних рішень системи холодопостачання.

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-9М

_____ Ляшенко Ілля Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник _____ Грищенко Роман

(прізвище, ім'я)

_____ (підпис)

Консультант _____

(прізвище, ім'я)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(прізвище, ім'я)

_____ (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

_____ (підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри **ТЕХТ**

проф. Петренко В.П.

“01” жовтня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ляшенка Іллі Дмитровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект плодоовочевої бази у м. Одеса на 10000 тон на базі різних схемних рішень системи холодопостачання.

керівник роботи к.т.н., доц, Грищенко Р.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.10.2024 року № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2024 року

3. Вихідні дані до роботи розрахувати та запроектувати плодоовочеву базу у м. Одеса на 10000 тон.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ 1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції. 2. Техніко-економічне обґрунтування 3. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника 4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника 5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень 6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори 7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки 8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини 9. Розрахунок і вибір теплообмінних апаратів 10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер 11. Автоматика 12. Електрика 13. Охорона праці 14. Цивільний захист 15. Економічна частина Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника 2. Чхема холодильної установки 3. План та розріз машинного відділення 4. Схема автоматизації 5. Електрична схема

Анотація

У дипломному проєкті проведено розрахунок та розробку плодоовочевої бази у м. Одеса з потужністю 10 000 тонн. У проєкті розроблено планування холодильного приміщення, холодильну схему та вибір оптимального холодильного режиму. На основі розрахунків було обрано обладнання, яке забезпечує максимальну енергоефективність при експлуатації холодильної установки та досягнення необхідного ефекту охолодження з мінімальними втратами. У проєкті також виконано розрахунки будівельних конструкцій, теплоізоляції, площі холодильних камер, теплових навантажень, а також основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

Проєкт включає розділи, що стосуються охорони праці, цивільного захисту, автоматизації, електричних систем та економічної ефективності.

Графічна частина включає план та розріз холодильного приміщення, план та розріз холодильної машини, схему холодильної установки, схему електрики та автоматики. Усі розрахунки, креслення та схеми виконані за допомогою ПК, з використанням програмних засобів: "Microsoft Office 2007", "CoolPack", "Heat transfer fluid calculator" для розрахунків та "AutoCAD 2017" для креслень і схем.

Список літератури містить 18 джерел.

Ключові слова: дипломний проєкт, плодоовочева база, холодильник, холодильна установка, енергетична ефективність, розрахунки, теплоізоляція, автоматизація, економічна ефективність.

					<i>00.MP.000142.007.003.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ляшенко І.Д.</i>			<i>Проєкт плодоовочевої бази у м. Одеса на 10000 тон на базі різних схемних рішень системи холодопостачання.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>					<i>3</i>	<i>98</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ХМ-2-8М</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Abstract

The diploma project involves the calculation and design of a fruit and vegetable storage facility in Odessa with a capacity of 10,000 tons. The project includes the planning of the refrigeration room, the refrigeration scheme, and the selection of the optimal refrigeration mode. Based on the calculations, equipment was chosen to ensure maximum energy efficiency during the operation of the refrigeration unit and to achieve the required cooling effect with minimal losses. The project also includes calculations of building structures, thermal insulation, the area of refrigeration chambers, heat loads, as well as the main and auxiliary equipment of the refrigeration unit.

The project includes sections on labor safety, civil defense, automation, electrical systems, and economic efficiency.

The graphical part includes the layout and section of the refrigeration room, the layout and section of the refrigeration machine, the refrigeration system diagram, and the electrical and automation diagrams. All calculations, drawings, and diagrams were done using a computer, with the following software: "Microsoft Office 2007," "CoolPack," "Heat Transfer Fluid Calculator" for calculations, and "AutoCAD 2017" for drawings and diagrams.

The list of references contains 18 sources.

Keywords: diploma project, fruit and vegetable storage, refrigerator, refrigeration unit, energy efficiency, calculations, thermal insulation, automation, economic efficiency.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Зміст

Вступ	6
1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.	8
2. Техніко-економічне обґрунтування	10
3. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника	12
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника	19
5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень	24
6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори	34
7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки	35
8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини	37
9. Розрахунок і вибір теплообмінних апаратів	54
10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер	56
11. Автоматика	62
12. Електрика	65
13. Охорона праці	71
14. Цивільний захист	81
15. Економічна частина	91
Список використаної літератури	98

Вступ

Сучасний рівень виробництва харчових продуктів демонструє значне зростання врожайності завдяки впровадженню нових високоврожайних сортів рослин, селекції продуктивних сортів, хімізації сільського господарства, а також скороченню сільськогосподарських площ через інфраструктурні зміни, такі як будівництво міст, розширення дорожньої мережі, аеродромів та промислових комплексів, для яких часто використовують найкращі землі. Це відбувається на фоні безперервного і швидкого зростання чисельності населення планети, що ставить питання продовольчої безпеки серед найбільш актуальних. Зі збільшенням населення потреба в ефективних методах зберігання продуктів харчування стає ще важливішою, і вирішення цього питання набуває критичного значення.

Для зберігання фруктів у холодильних камерах важливими є три основні параметри: температура, відносна вологість і кратність циркуляції повітря. Температура визначає швидкість життєвих процесів у плодах, рівень вологості впливає на інтенсивність випаровування вологи з їх поверхні, а кратність циркуляції характеризує рух повітря в об'ємі камери, що також важливо для збереження продуктів.

Проектування холодильних камер має на меті вирішення кількох ключових завдань:

- вибір оптимального температурного режиму для зберігання продуктів;
- визначення основних розмірів холодильника та його планування;
- підбір будівельних і ізоляційних матеріалів;
- вибір і обґрунтування типу охолоджувальної системи;
- вибір та розрахунок системи відводу тепла від конденсату.

У даній роботі проведено розрахунок двох типів систем подачі холодоагенту: системи з прямим випаровуванням (DX) і системи з

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проміжним теплоносієм. Порівняння цих систем базувалося на технічному завданні, яке враховувало вимоги щодо енергоефективності, екологічної безпеки, простоти обслуговування та можливості застосування на конкретному об'єкті. Аналіз показав, що оптимальна система, яка найкраще відповідає заданим критеріям, забезпечує баланс між економічною ефективністю та технічними вимогами, що дозволяє забезпечити надійне і ефективне зберігання фруктів.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

Плоди, що надходять з заготівельних та центральних холодильників, транспортуються автотранспортом через докшлюзи на закриту автомобільну платформу висотою 1200 мм. Розвантаження відбувається електронавантажувачами безпосередньо до камер, де плоди встановлюються на стелажі за допомогою вузькопрохідного штабелера. Всі плоди постачаються вже перебраними та охолодженими.

Яблука доставляються в дерев'яних ящиках розмірами 624×388×274 мм [1 с.180]. Ящики розміщуються на піддонах розміру 1200×800×144 мм [2] у горизонтальному ряді по 4 ящики та 4 ящики в висоту. Вага одного ящика — 24 кг, вага вантажного пакету становить 384 кг. Розміри вантажного пакету: довжина 1248 мм, ширина 800 мм, висота $144 + (274 \times 4) = 1240$ мм.

Виноград поставляється в пластикових ящиках-лотках розмірами 600×400×115 мм [3]. Ящики укладаються на піддони розміру 1200×800×144 мм [2], у горизонтальному ряді 4 ящики і 10 ящиків в висоту. Вага одного ящика-лотка — 9 кг, вага вантажного пакету — 360 кг. Розміри вантажного пакету: довжина 1200 мм, ширина 800 мм, висота $144 + (115 \times 9) = 1179$ мм.

Банани надходять в картонних ящиках розмірами 500×370×230 мм [4]. Ящики укладаються на піддони розміру 1200×800×144 мм [2], в горизонтальному ряді 4 ящики та 4 ящики в висоту. Вага одного ящика — 20 кг, вага вантажного пакету — 320 кг. Розміри вантажного пакету: довжина 1200 мм, ширина 800 мм, висота $144 + (230 \times 4) = 1064$ мм.

Цитрусові фрукти доставляються в пластикових ящиках-лотках розмірами 400×300×180 мм [5]. Ящики розміщуються на піддонах розміру 1200×800×144 мм [2], в горизонтальному ряді 8 ящиків і 6 ящиків в висоту. Вага одного ящика-лотка — 7,5 кг, вага вантажного пакету — 360 кг. Розміри вантажного пакету: довжина 1200 мм, ширина 800 мм, висота $144 + (180 \times 6) = 1224$ мм. Капуста і картопля надходить в контейнерах, що мають зовнішні розміри 1200×800×800 мм [6], внутрішні розміри 1118×718×646 мм

										Лист
										8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

Вага капусти в 1 контейнері 156 кг. Вага картоплі в 1 контейнері 260 кг.

Температурно-вологісний режим зберігання продуктів наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1. Параметри стану повітря в камерах зберігання

Продукт	Температура, °С	Відносна вологість, %
Яблука	0 ... +1	90...95
Цитрусові	+2	85...90
Капуста	0...-1	90...95
Картопля	2...4	90...95
Виноград	4...8	65...70
Банани	12...14	85...90

Підготовка продукту на відпуск. Безпосередньо на автомобільній платформі за необхідністю поди перебирають, сортують, і пакують. Проводиться зважування на товарних вагах. Товар відвантажується споживачеві.

По закінченню відвантаження всієї продукції із камер видаляють все сміття і залишки плодів. Миють підлогу, і дезінфікують приміщення. Дезінфекція проводиться формаліном за допомогою обприскувача тридцяти шести відсотковим розчином. При дезінфекції забезпечується герметичність приміщень. Проводиться дезінфекція при температурі в приміщенні не нижче 17°C і відносній вологості повітря 95%. Після обробки приміщень формаліном продезінфіковані приміщення закривають на 1-2 дні, а потім провітрюють і просушують до повного зникнення запаху хіміката. Дезінфекцію формаліном піддонів, рейок, столів а також іншого обладнання проводять в підсобних приміщеннях. Для цього готують 30% розчин формаліна і зрошують до легкого зволоження поверхонь. Дезінфекцію проводять в противогазах і спец одязі.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2. Техніко-економічне обґрунтування

Холодильник побудований з металевих сендвіч-панелей з пінополіуретановим наповнювачем, що закріплені на металевій конструкції. Основними перевагами таких панелей є простота і швидкість монтажу, а також газонепроникність. Для забезпечення герметичності камер необхідно герметизувати шви між панелями за допомогою поліуретанового герметика.

У холодильній системі використовується гвинтовий компресор, який не має вологого ходу, забезпечує плавне регулювання продуктивності, відрізняється високою надійністю та довговічністю, а також меншими розмірами та вагою в порівнянні з поршневыми компресорами. Його головним недоліком є підвищений рівень шуму.

В якості холодильного агента обраний фреон R507A, який не є шкідливим для людини, не вибухонебезпечний і не горючий. Класифікація безпеки R507A — A1. Це азеотропна суміш, яка поводить себе як однокомпонентний холодоагент, що дозволяє без проблем поповнювати його при витоках як в рідкій, так і в газоподібній фазі. Однак, цей агент має високий потенціал глобального потепління, рівний 3900, хоча його озоноруйнуючий потенціал дорівнює нулю.

Теплота конденсації відводиться за допомогою повітряного конденсатора. Підвищення температури конденсації порівняно з водяним конденсатором є незначним, тому не потрібно використовувати додаткове обладнання, таке як градирня або система насосів для циркуляції води. Це дозволяє знизити капітальні витрати та спростити обслуговування. V-подібна конструкція конденсатора займає мінімум місця, має низький рівень забруднення завдяки оптимальній конструкції ламелей і забезпечує простоту в очищенні, оскільки є самонесучою.

Для кращого відбору теплоти від фруктів та овочів використовуються спеціалізовані повітроохолодники Guntner GACA, які оптимізовані для підтримки невеликої температурної різниці і мінімізації зневоднення.

										Лист
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

Високий рівень циркуляції повітря забезпечується завдяки збільшеній кількості вентиляторів.

Камери обладнані герметичними дверима, що мають високу теплоізоляційну ефективність. Автомобільна платформа закритого типу забезпечує захист вантажу від впливу зовнішніх погодних умов, що дозволяє ефективно проводити вантажні роботи в будь-яку пору року і за будь-яких температурних умов.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

3. Визначення розмірів будівлі

Висота камер від підлоги до нижньої частини несучої конструкції становить 10,8 м, а сітка колон — 9×30 м. Ширина платформ досягає 7,5 м, висота — 1200 мм від рівня майданчика. Платформи мають закритий тип, при цьому нульовою відміткою вважається поверхня чистої підлоги.

Вантажні пакети та контейнери складаються на стелажах фірми Форстор (рис. 3.4).

Для вантажних пакетів стелажі мають наступні параметри: висота стійок рами — 9000 мм, з поперечним перерізом 90×68 мм (рис. 3.1), шість паралельних траверс довжиною 2700 мм з кроком 1440 мм і поперечним перерізом 100×50 мм (рис. 3.2). Ширина стелажа — 1100 мм, а проїзди між стелажими — 2000 мм. Стійки рам оснащені відбійниками (рис. 3.3).

Для контейнерів стелажі мають такі характеристики: висота стійок рами — 9500 мм, з поперечним перерізом 90×68 мм (рис. 3.1), дев'ять паралельних траверс довжиною 2700 мм з поперечним перерізом 100×50 мм (рис. 3.2). Ширина стелажа також складає 1100 мм, а проїзди між стелажими — 2000 мм. Стійки рам захищені відбійниками (рис. 3.3).

Розстановку продукції в камерах здійснюють вузькопрохідними штабелерами BT Vector VCE135, які обладнані поворотною кареткою, човниковими вилами та двосекційною щоглою. Вантажопідйомність штабелера становить 1350 кг при висоті підйому 7,5 м і 800 кг при висоті до 12 м [10].

Для маневрування ширина проїзду біля дверей складає 3000 мм по всій ширині камери.

Відстань контейнерів або стелажів від стін, колон, складає 300 мм.

При використанні повітроохолодників забезпечено вільний доступ повітря до всіх продуктів в камері не залежно від способу стелажування, тари та висоти

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

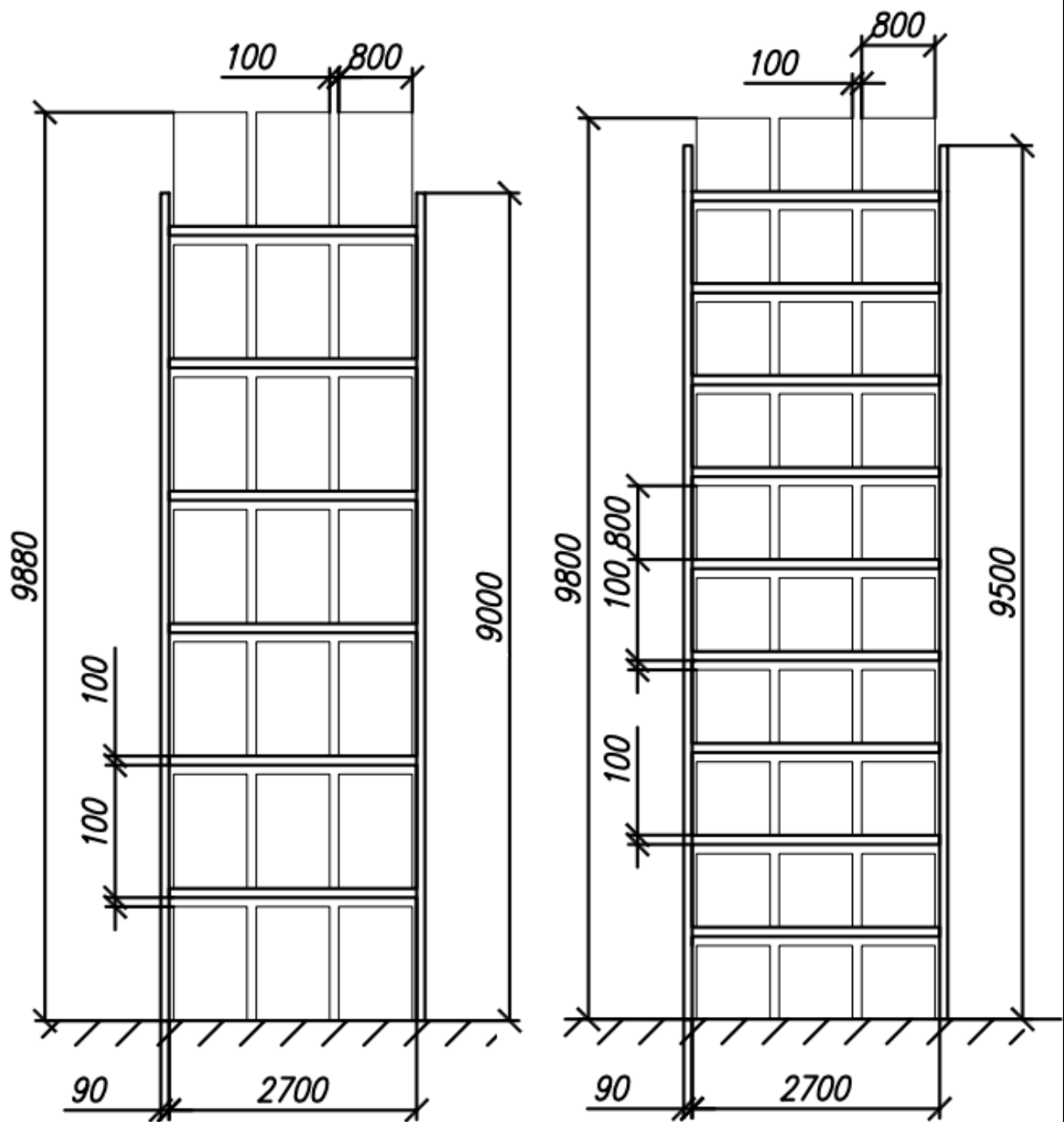


Рис.3.4 Розміщення продукції на стелажах: а – вантажних пакетів, б – контейнерів.

В камері 27×30м розміщується 2310 вантажних пакетів, або 3300 контейнерів.

Яблук $2310 \times 384 = 887$ тон

Винограду $2310 \times 360 = 831,6$ тон

Бананів $2310 \times 320 = 739,2$ тон

Цитрусових $2310 \times 360 = 831,6$ тон

Капусти $3300 \times 156 = 514,8$ тон

Картоплі $3300 \times 260 = 858$ тон

Для яблук приймаю 2 камери 27×30м і 1 камеру 18×30м, загальною ємністю $2 \times 887 + 596,7 = 2370,7$ тон

Для винограду приймаю 3 камери 27×30м і 1 камеру 18×30м, загальною ємністю $3 \times 831,6 + 559,4 = 3054,2$ тон

Для бананів приймаю 2 камери 18×30м, загальною ємністю $2 \times 497,2 = 994,4$ тон

Для цитрусових приймаю 2 камери 18×30м, загальною ємністю $2 \times 559,4 = 1118,8$ тон

Для капусти приймаю 2 камери 27×30м, загальною ємністю $2 \times 514,8 = 1029,6$ тон

Для картоплі приймаю 1 камеру 27×30м і 2 камери 18×30м, загальною ємністю $858 + 2 \times 577,2 = 2012,4$ тон

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

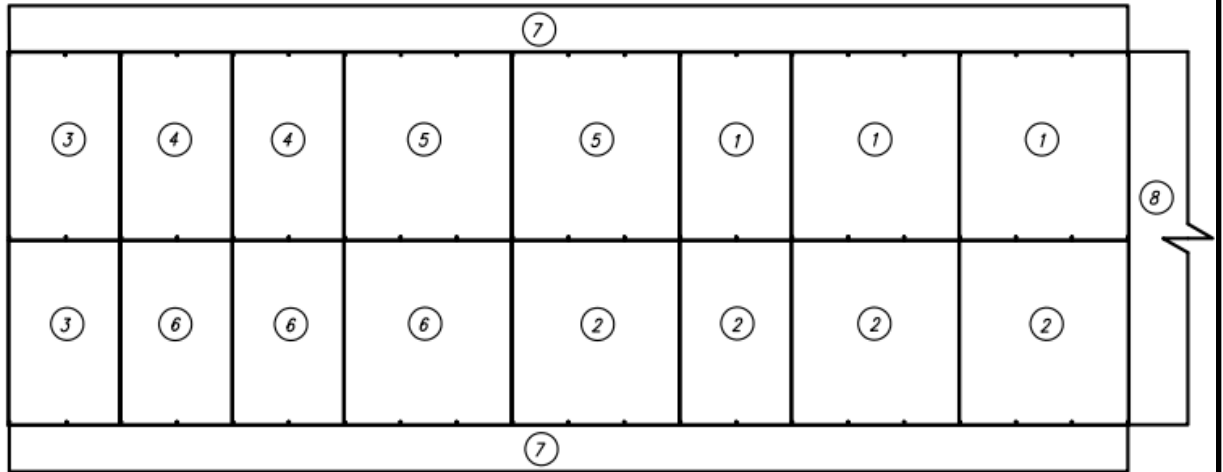


Рис. 3.7 планування холодильника:

1- камери для яблук, 2- камери для винограду, 3- камери для бананів, 4- камери для цитрусових, 5- камери для капусти, 6- камери для картоплі, 7- автомобільна платформа, 8 - машинне відділення.

4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

В якості наповнювача сендвіч панелей використовується пінополіуретан, характеризується малим коефіцієнтом теплопровідності (0,023 Вт/мК), високою жорсткістю, відноситься до класу вогнетривкості Г1 (слабогорючі матеріали, без самостійного горіння), не токсичний. Високі капітальні затрати перекриваються низькими експлуатаційними затратами і довговічністю матеріалу.

Товщину ізоляційного шару визначають за формулою [12 с.49 ф.8.2]:

$$\delta_{i\bar{z}} = \lambda_{i\bar{z}} \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_z} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right], \text{ м.}$$

де $\lambda_{i\bar{z}}$, λ_i – коефіцієнти теплопровідності ізоляційного шару і будівельних матеріалів, утворюючих конструкцію огородження, Вт/(мК);

k_0 – потрібний коефіцієнт теплопередачі огородження, Вт/(м²К);

α_z , α_s – коефіцієнти тепловіддачі із зовнішньої і внутрішньої сторони, Вт/(м²К);

δ_i – товщина окремих слоїв конструкції огородження, м.

Після приймання товщини ізоляції визначається дійсний коефіцієнт теплопередачі [12 с.49 ф.8.3]:

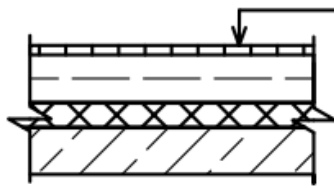
$$k_{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_z} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_s} \right) + \frac{\delta_{i\bar{z}}}{\lambda_{i\bar{z}}}}, \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Оскільки у сендвіч панелей товщина металевих листів дуже мала, і коефіцієнт теплопровідності їх досить великий то їми можна знехтувати. Тоді формула матиме вигляд:

$$\delta_{i\bar{z}} = \lambda_{i\bar{z}} \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_z} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right], \text{ м.}$$

										Лист
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

Розрахунок товщини ізоляції для підлоги



1. чиста підлога	0,05м
2. бетонна підготовка з залізобетону	0,2м
3. пергамін	0,001м
4. теплоізоляція	–
5. гідроізоляція	0,001м
6. бетонна підготовка	0,2м

Рис. 4.4 Конструкція підлоги

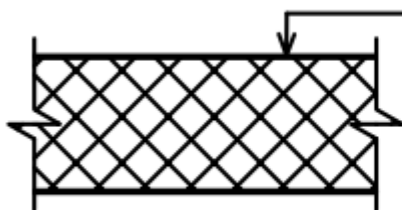
$$\delta_{із} = 0,03 \left[\frac{1}{0,41} - \left(\frac{1}{9} + \frac{0,05}{1,2} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{0,001}{0,14} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{1,5} \right) \right] = 0,06 \text{ м.}$$

Приймаю теплоізоляцію товщиною 80мм.[9]

Дійсний коефіцієнт теплопередачі становить:

$$k_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{0,05}{1,2} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{0,001}{0,14} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{1,5} \right) + \frac{0,08}{0,03}} = 0,32 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Розрахунок товщини ізоляції для покрівлі



1. сталевий лист	0,0005м
2. теплоізоляція	–
3. сталевий лист	0,0005м

Рис. 4.5 Конструкція покрівлі

$$\delta_{із} = 0,023 \left[\frac{1}{0,4} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,054 \text{ м.}$$

Приймаю сендвіч панель товщиною 120мм. [8]

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Забезпечення високої якості продуктів можливе лише за умови підтримання стабільного оптимального температурного режиму в холодильних камерах. Для досягнення таких умов необхідно правильно вибрати холодильне обладнання, що базується на тепловому розрахунку. Цей розрахунок включає оцінку теплових навантажень, зокрема: через теплоізоляційні конструкції, від продуктів під час холодильної обробки, від зовнішнього повітря під час вентиляції камер, від різних джерел у процесі експлуатації камер та від продуктів при диханні. Теплові навантаження для камер з регульованим газовим середовищем (РГС) обчислюються за тими ж методами, що й для звичайних камер, використовуючи рівняння теплового балансу.

Загалом, кількість теплоти, що повинна бути відведена з камер, визначається наступним рівнянням: $Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

де Q_1 – теплонадходження через теплоізоляційні конструкції, Q_2 – теплонадходження від продукції, Q_3 – від зовнішнього повітря при вентиляції камер, Q_4 – при експлуатації камер,

5.1 Теплонадходження через теплоізоляційні конструкції

Визначають як суму теплонадходжень через стіни, перегородки, стелю.

$$Q_1 = k_d F (t_3 - t_в), \text{Вт}$$

де k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження;

F – площа поверхні огороження, м^2 ;

t_3 – зовнішня температура, $^{\circ}\text{C}$;

$t_в$ – внутрішня температура, $^{\circ}\text{C}$

Теплонадходження за рахунок сонячної радіації.

$$Q_1 = k_d F \Delta t_c, \text{Вт}$$

де k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження;

F – площа поверхні огороження, м^2 ;

									Лист
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ				

t_c – надлишкова різниця температур характеризуюча вплив сонячної радіації, °C;

Теплонадходження через підлогу.

Оскільки підлога не має підігріву, то теплонадходження рахується як сума втрат через умовні зони шириною 2м.

$$Q_1 = k_y F (t_s - t_g) m, \text{ Вт}$$

де k_y – умовний коефіцієнт теплопередачі для відповідної зони.

Коефіцієнт m характеризує зростання термічного опору за рахунок теплоізоляції

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \times \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)}$$

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \times \left(\frac{0,05}{1,2} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{0,001}{0,14} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{0,08}{0,03} \right)} = 0,211$$

Розрахунки заносимо до таблиці №5.1.

Назва камери	Тип огорожі орієнтація	К д Вт/м2	Розміри, м			F м2	tз С	tв С	Q 1п Вт	Δ t c С	Q 1c Вт	Q 1 Вт
			L	B	H							
Зберігання бананів №1	Зовнішня-Пн	0,275	18	-	10,8	194,4	32	13	1016	0	0	1 015,7
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	2	13	-962	-	-	-962,3
	Перег.-Пд	0,270	18	-	10,8	194,4	13	13	0	-	-	0,0
	Зовнішня-Зх	0,275	30	-	10,8	324,0	32	13	1693	4,7	418,8	2 111,7
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	13	2822	14,9	2213	5 034,2
	Підлога,1 зона	0,470	2	48	-	96,0	14	13	9,52	-	-	9,5
	Підлога,2 зона	0,230	2	44	-	88,0	14	13	4,271	-	-	4,3
	Підлога,3 зона	0,120	2	40	-	80,0	14	13	2,026	-	-	2,0
Підлога,4 зона	0,070	12	24	-	288,0	14	13	4,254	-	-	4,3	
Всього												7 219,4

Продовження таблиці №5.1.

Зберігання цитрусових №2	Зовнішня-Пн	0,275	18	-	10,8	194,4	32	2	1604	0	0	1 603,8
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	2	2	0	-	-	0,0
	Перег.-Пд	0,270	18	-	10,8	194,4	4	2	105	-	-	105,0
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	13	2	962,3	-	-	962,3
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	2	4455	14,9	2213	6 667,7
	Підлога,1 зона	0,470	2	18	-	36,0	14	2	42,84	-	-	42,8
	Підлога,2 зона	0,230	2	18	-	36,0	14	2	20,96	-	-	21,0
	Підлога,3 зона	0,120	2	18	-	36,0	14	2	10,94	-	-	10,9
	Підлога,4 зона	0,070	18	24	-	432,0	14	2	76,57	-	-	76,6
Всього												9 490,0

Зберігання цитрусових №3	Зовнішня-Пн	0,275	18	-	10,8	194,4	32	2	1604	0	0	1 603,8
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	0	2	-175	-	-	-175,0
	Перег.-Пд	0,270	18	-	10,8	194,4	4	2	105	-	-	105,0
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	2	2	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	2	4455	14,9	2213	6 667,7
	Підлога,1 зона	0,470	2	18	-	36,0	14	2	42,84	-	-	42,8
	Підлога,2 зона	0,230	2	18	-	36,0	14	2	20,96	-	-	21,0
	Підлога,3 зона	0,120	2	18	-	36,0	14	2	10,94	-	-	10,9
	Підлога,4 зона	0,070	18	24	-	432,0	14	2	76,57	-	-	76,6
Всього												8 352,8

Зберігання капусти №4	Зовнішня-Пн	0,275	27	-	10,8	291,6	32	0	2566	0	0	2 566,1
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	0	0	0	-	-	0,0
	Перег.-Пд	0,270	27	-	10,8	291,6	4	0	314,9	-	-	314,9
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	2	0	175	-	-	175,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	0	7128	14,9	3319	10 447,0
	Підлога,1 зона	0,470	2	27	-	54,0	14	0	74,97	-	-	75,0
	Підлога,2 зона	0,230	2	27	-	54,0	14	0	36,69	-	-	36,7
	Підлога,3 зона	0,120	2	27	-	54,0	14	0	19,14	-	-	19,1
	Підлога,4 зона	0,070	27	24	-	648,0	14	0	134	-	-	134,0
Всього												13 767,7

Зберігання капусти №5	Зовнішня-Пн	0,275	27	-	10,8	291,6	32	0	2566	0	0	2 566,1
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	1	0	87,48	-	-	87,5
	Перег.-Пд	0,270	27	-	10,8	291,6	6	0	472,4	-	-	472,4
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	0	0	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	0	7128	14,9	3319	10 447,0
	Підлога,1 зона	0,470	2	27	-	54,0	14	0	74,97	-	-	75,0
	Підлога,2 зона	0,230	2	27	-	54,0	14	0	36,69	-	-	36,7
	Підлога,3 зона	0,120	2	27	-	54,0	14	0	19,14	-	-	19,1
	Підлога,4 зона	0,070	27	24	-	648,0	14	0	134	-	-	134,0
Всього												13 837,7

Продовження таблиці №5.1.

Зберігання яблук №6	Зовнішня-Пн	0,275	18	-	10,8	194,4	32	1	1657	0	0	1 657,3
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	1	1	0	-	-	0,0
	Перег.-Пд	0,270	18	-	10,8	194,4	6	1	262,4	-	-	262,4
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	0	1	-87,5	-	-	-87,5
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	1	4604	14,9	2213	6 816,2
	Підлога,1 зона	0,470	2	18	-	36,0	14	1	46,41	-	-	46,4
	Підлога,2 зона	0,230	2	18	-	36,0	14	1	22,71	-	-	22,7
	Підлога,3 зона	0,120	2	18	-	36,0	14	1	11,85	-	-	11,8
	Підлога,4 зона	0,070	18	24	-	432,0	14	1	82,95	-	-	82,9
Всього												8 812,3
Зберігання яблук №7	Зовнішня-Пн	0,275	27	-	10,8	291,6	32	1	2486	0	0	2 485,9
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	1	1	0	-	-	0,0
	Перег.-Пд	0,270	27	-	10,8	291,6	6	1	393,7	-	-	393,7
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	1	1	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	1	6905	14,9	3319	10 224,2
	Підлога,1 зона	0,470	2	27	-	54,0	14	1	69,62	-	-	69,6
	Підлога,2 зона	0,230	2	27	-	54,0	14	1	34,07	-	-	34,1
	Підлога,3 зона	0,120	2	27	-	54,0	14	1	17,77	-	-	17,8
	Підлога,4 зона	0,070	27	24	-	648,0	14	1	124,4	-	-	124,4
Всього												13 349,7
Зберігання яблук №8	Зовнішня-Пн	0,275	27	-	10,8	291,6	32	1	2486	0	0	2 485,9
	Зовнішня-Сх	0,275	30	-	10,8	324,0	32	1	2762	3,9	347,5	3 109,6
	Перег.-Пд	0,270	27	-	10,8	291,6	6	1	393,7	-	-	393,7
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	1	1	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	1	6905	14,9	3319	10 224,2
	Підлога,1 зона	0,470	2	57	-	114,0	14	1	147	-	-	147,0
	Підлога,2 зона	0,230	2	53	-	106,0	14	1	66,87	-	-	66,9
	Підлога,3 зона	0,120	2	49	-	98,0	14	1	32,26	-	-	32,3
	Підлога,4 зона	0,070	21	24	-	504,0	14	1	96,77	-	-	96,8
Всього												16 556,2
Зберігання бананів №9	Перег.-Пн	0,270	18	-	10,8	194,4	13	13	0	-	-	0,0
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	4	13	-787	-	-	-787,3
	Зовнішня-Пд	0,275	18	-	10,8	194,4	32	13	1016	3,2	171,1	1 186,8
	Зовнішня-Зх	0,275	30	-	10,8	324,0	32	13	1693	4,7	418,8	2 111,7
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	13	2822	14,9	2213	5 034,2
	Підлога,1 зона	0,470	2	48	-	96,0	14	13	9,52	-	-	9,5
	Підлога,2 зона	0,230	2	44	-	88,0	14	13	4,271	-	-	4,3
	Підлога,3 зона	0,120	2	40	-	80,0	14	13	2,026	-	-	2,0
Підлога,4 зона	0,070	12	24	-	288,0	14	13	4,254	-	-	4,3	
Всього												7 565,4

Продовження таблиці №5.1.

Зберігання картоплі №10	Перег.-Пн	0,270	18	-	10,8	194,4	2	4	-105	-	-	-105,0
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	4	4	0	-	-	0,0
	Зовнішня-Пд	0,275	18	-	10,8	194,4	32	4	1497	3,2	171,1	1 668,0
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	13	4	787,3	-	-	787,3
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	4	4158	14,9	2213	6 370,7
	Підлога,1 зона	0,470	2	18	-	36,0	14	4	35,7	-	-	35,7
	Підлога,2 зона	0,230	2	18	-	36,0	14	4	17,47	-	-	17,5
	Підлога,3 зона	0,120	2	18	-	36,0	14	4	9,115	-	-	9,1
	Підлога,4 зона	0,070	18	24	-	432,0	14	4	63,81	-	-	63,8
Всього												8 847,0
Зберігання картоплі №11	Перег.-Пн	0,270	18	-	10,8	194,4	2	4	-105	-	-	-105,0
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	4	4	0	-	-	0,0
	Зовнішня-Пд	0,275	18	-	10,8	194,4	32	4	1497	3,2	171,1	1 668,0
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	4	4	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	4	4158	14,9	2213	6 370,7
	Підлога,1 зона	0,470	2	18	-	36,0	14	4	35,7	-	-	35,7
	Підлога,2 зона	0,230	2	18	-	36,0	14	4	17,47	-	-	17,5
	Підлога,3 зона	0,120	2	18	-	36,0	14	4	9,115	-	-	9,1
	Підлога,4 зона	0,070	18	24	-	432,0	14	4	63,81	-	-	63,8
Всього												8 059,7
Зберігання картоплі №12	Перег.-Пн	0,270	27	-	10,8	291,6	0	4	-315	-	-	-314,9
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	4	175	-	-	175,0
	Зовнішня-Пд	0,275	27	-	10,8	291,6	32	4	2245	3,2	256,6	2 501,9
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	4	4	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	4	6237	14,9	3319	9 556,0
	Підлога,1 зона	0,470	2	27	-	54,0	14	4	53,55	-	-	53,6
	Підлога,2 зона	0,230	2	27	-	54,0	14	4	26,21	-	-	26,2
	Підлога,3 зона	0,120	2	27	-	54,0	14	4	13,67	-	-	13,7
	Підлога,4 зона	0,070	27	24	-	648,0	14	4	95,71	-	-	95,7
Всього												12 107,1
Зберігання винограду №13	Перег.-Пн	0,270	27	-	10,8	291,6	0	6	-472	-	-	-472,4
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	6	0	-	-	0,0
	Зовнішня-Пд	0,275	27	-	10,8	291,6	32	6	2085	3,2	256,6	2 341,5
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	4	6	-175	-	-	-175,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	6	5792	14,9	3319	9 110,5
	Підлога,1 зона	0,470	2	27	-	54,0	14	6	42,84	-	-	42,8
	Підлога,2 зона	0,230	2	27	-	54,0	14	6	20,96	-	-	21,0
	Підлога,3 зона	0,120	2	27	-	54,0	14	6	10,94	-	-	10,9
	Підлога,4 зона	0,070	27	24	-	648,0	14	6	76,57	-	-	76,6
Всього												10 956,0

Продовження таблиці №5.1.

Зберігання винограду №14	Перег.-Пн	0,270	18	-	10,8	194,4	1	6	-262	-	-	-262,4
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	6	0	-	-	0,0
	Зовнішня-Пд	0,275	18	-	10,8	194,4	32	6	1390	3,2	171,1	1 561,0
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	6	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	18	30	-	540,0	32	6	3861	14,9	2213	6 073,7
	Підлога,1 зона	0,470	2	18	-	36,0	14	6	28,56	-	-	28,6
	Підлога,2 зона	0,230	2	18	-	36,0	14	6	13,98	-	-	14,0
	Підлога,3 зона	0,120	2	18	-	36,0	14	6	7,292	-	-	7,3
	Підлога,4 зона	0,070	18	24	-	432,0	14	6	51,05	-	-	51,0
Всього												7 473,1
Зберігання винограду №15	Перег.-Пн	0,270	27	-	10,8	291,6	1	6	-394	-	-	-393,7
	Перег.-Сх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	6	0	-	-	0,0
	Зовнішня-Пд	0,275	27	-	10,8	291,6	32	6	2085	3,2	256,6	2 341,5
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	6	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	6	5792	14,9	3319	9 110,5
	Підлога,1 зона	0,470	2	27	-	54,0	14	6	42,84	-	-	42,8
	Підлога,2 зона	0,230	2	27	-	54,0	14	6	20,96	-	-	21,0
	Підлога,3 зона	0,120	2	27	-	54,0	14	6	10,94	-	-	10,9
	Підлога,4 зона	0,070	27	24	-	648,0	14	6	76,57	-	-	76,6
Всього												11 209,7
Зберігання винограду №16	Перег.-Пн	0,270	27	-	10,8	291,6	1	6	-394	-	-	-393,7
	Зовнішня-Сх	0,275	30	-	10,8	324,0	32	6	2317	3,9	347,5	2 664,1
	Зовнішня-Пд	0,275	27	-	10,8	291,6	32	6	2085	3,2	256,6	2 341,5
	Перег.-Зх	0,270	30	-	10,8	324,0	6	6	0	-	-	0,0
	Стеля	0,275	27	30	-	810,0	32	6	5792	14,9	3319	9 110,5
	Підлога,1 зона	0,470	2	57	-	114,0	14	6	90,01	-	-	90,0
	Підлога,2 зона	0,230	2	53	-	106,0	14	6	40,96	-	-	41,0
	Підлога,3 зона	0,120	2	49	-	98,0	14	6	19,76	-	-	19,8
	Підлога,4 зона	0,070	21	24	-	504,0	14	6	59,27	-	-	59,3
Всього												13 932,5

5.2 Теплонадходження від продуктів при холодильній обробці Q_2

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання визначають за формулою:

$$Q_{2пр} = M_{пр} \Delta i \frac{10^3}{24 \times 3600}, \text{ кВт}$$

де $M_{пр}$ – добове надходження продуктів, т/добу; Δi – різниця ентальпій продукту, кДж/кг;

Добове надходження продуктів в камери зберігання розподільчих і виробничих холодильників складає 6% для камер ємністю більше 200 тон,

Теплонадходження від тари:

$$Q_{2т} = M_{т} c_{т} (t_1 - t_2) \frac{10^3}{24 \times 3600}, \text{ кВт}$$

де $M_{т}$ – добове надходження тари, т/добу; $c_{т}$ – теплоємність тари, кДж/(кгК);

t_1, t_2 – початкова і кінцева температура тари, °С.

Маса тари складає 20% від маси вантажу, теплоємність $c_{т} = 0,8$ кДж/(кгК);

Теплонадходження від фруктів і овочів при диханні:

$$Q_{2д} = V_{к} (0.1q_{п} + 0.9q_{к}) 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де $V_{к}$ – місткість камер, т.; $q_{п}, q_{к}$ – тепловиділення продуктів при надходженні і при зберіганні, Вт/т.

Всі розрахункові значення занесені до таблиці 5.2.

					00.МР.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Назва камер	В кам. Т	М пр т/доб	М т т/доб	t п °С	t κ °С	i п кДж/кг	i κ кДж/кг	С т кДж/кгК	q п Вт/т	q κ Вт/т	Q 2прод. Вт	Q 2тари Вт	Q 2диханні Вт	Q 2 Вт
№ 1, банани	497,2	30	2,09	15	13	328	320	2,3	43	31	2762	111	16010	18883
№ 2, цитрусові	559,4	34	1,68	4	2	287	274	2,5	38	27	5050	97	15719	20866
№ 3, цитрусові	559,4	34	1,68	4	2	287	274	2,5	38	27	5050	97	15719	20866
№ 4, капуста	514,8	31	1,54	2	0	274	272	2,5	36	33	715	89	17143	17947
№ 5, капуста	514,8	31	1,54	2	0	274	272	2,5	36	33	715	89	17143	17947
№ 6, яблука	887	53	10,64	3	1	280	274	2,3	15	12	3696	567	10910	15173
№ 7, яблука	887	53	10,64	3	1	280	274	2,3	15	12	3696	567	10910	15173
№ 8, яблука	596,7	36	7,16	3	1	280	274	2,3	15	12	2486	381	7339	10207
№ 9, банани	497,2	30	2,09	15	13	328	320	2,5	43	31	2762	121	16010	18893
№ 10, картопля	577,2	35	1,73	6	4	296	287	2,5	25	23	3608	100	13391	17099
№ 11, картопля	577,2	35	1,73	6	4	296	287	2,5	25	23	3608	100	13391	17099
№ 12, картопля	858	51	2,57	6	4	296	287	2,5	25	23	5363	149	19906	25417
№ 13, виноград	831,6	50	2,49	8	6	265	257	2,5	35	27	4620	144	23118	27883
№ 14, виноград	559,4	34	1,68	8	6	265	257	2,5	35	27	3108	97	15551	18756
№ 15, виноград	831,6	50	2,49	8	6	265	257	2,5	35	27	4620	144	23118	27883
№ 16, виноград	831,6	50	2,49	8	6	265	257	2,5	35	27	4620	144	23118	27883

5.3 Теплонадходження при вентиляції приміщень

Камери зберігання фруктів і овочів обладнують приточно- витяжною вентиляцією. Кратність повітрообміну складає 3 об'єми камери за добу теплонадходження при вентиляції будуть складати 3 об'єми камери за добу.

Визначають за формулою:

$$Q_3 = aV\rho(i_3 - i_в)/(24 \times 3600)$$

де a – розрахункова кратність циркуляції повітря через нещільності; V – об'єм камери, ρ – густина газового середовища, $i_3, i_в$ – ентальпії зовнішнього і внутрішнього повітря.

Розрахунки заносимо до таблиці

Таблиця №5.3. Теплонадходження при вентиляції приміщень

Назва камер	a	Розміри, м			V м³	ρ кг/м³	i _з кДж/кг	i _в кДж/кг	Q ₃ Вт
		L	B	H					
№ 1, банани	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	34	10368
№ 2, цитрусові	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	12	16070,4
№ 3, цитрусові	3	18	30	10,8	5832	1,29	74	12	16196
№ 4, капуста	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	9	25272
№ 5, капуста	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	9	25272
№ 6, яблука	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	11	16329,6
№ 7, яблука	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	11	24494,4
№ 8, яблука	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	11	24494,4
№ 9, банани	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	34	10368
№ 10, картопля	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	15	15292,8
№ 11, картопля	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	15	15292,8
№ 12, картопля	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	15	22939,2
№ 13, виноград	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	19	21384
№ 14, виноград	3	18	30	10,8	5832	1,28	74	19	14256
№ 15, виноград	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	19	21384
№ 16, виноград	3	27	30	10,8	8748	1,28	74	19	21384

5.4 Експлуатаційні теплонадходження

Виникають в наслідок освітлення камер, знаходження в них людей, відкриття дверей, роботи електродвигунів. Знаходять кожні теплонадходження окремо.

Експлуатаційні теплонадходження визначаються як сума теплонадходжень окремих видів

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Теплонадходження від освітлення

$$q_1 = AF, \text{ Вт}$$

де A – теплота що виділяється джерелом освітлення на 1 м^2 площі підлоги

F – площа камери.

еплонадходження від знаходження людей $q_2 = 0,35n, \text{ Вт}$

де 0,35 - тепловиділення від однієї людини, n – кількість людей в камері

Теплонадходження при відкриванні дверей

$$q_3 = KF, \text{ Вт}$$

де K – питома теплонадходження при відкриванні дверей, F – площа камери.

Теплонадходження від працюючих електродвигунів

$$q_4 = N, \text{ Вт}$$

Таблиці №5.4. Експлуатаційні теплонадходження

Назва камер	$F \text{ м}^2$	$A \text{ Вт/м}^2$	$q_1 \text{ Вт}$	$n \text{ чол.}$	$q_2 \text{ Вт}$	$K \text{ Вт/м}^2$	$q_3 \text{ Вт}$	$N_{\text{ел}} \text{ кВт}$	$q_4 \text{ Вт}$	$Q_4 \text{ Вт}$
№ 1, банани	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 2, цитрусові	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 3, цитрусові	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 4, капуста	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 5, капуста	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 6, яблука	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 7, яблука	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 8, яблука	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 9, банани	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 10, картопля	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 11, картопля	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 12, картопля	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 13, виноград	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 14, виноград	540	2,3	1242	3	1050	4	2160	9	9000	13452
№ 15, виноград	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153
№ 16, виноград	810	2,3	1863	3	1050	4	3240	12	12000	18153

6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори

Навантаження на теплообмінне обладнання кожної камери холодильника є сумою теплонадходжень до цієї камери.

Навантаження на компресор складає:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + 0,75Q_4$$

Розрахунки внесені до таблиці №6.1

Назва камер	Q1, Вт		Q2, Вт		Q3, Вт		Q4, Вт		Q, кВт	
	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ
№ 1, банани	7219	10089	18883	10089	10368	10089	13452	10089	49,9	46,6
№ 2, цитрусові	9490	10089	20866	10089	16070	10089	13452	10089	59,9	56,5
№ 3, цитрусові	8353	10089	20866	10089	16196	10089	13452	10089	58,9	55,5
№ 4, капуста	13768	13615	17947	13615	25272	13615	18153	13615	75,1	70,6
№ 5, капуста	13838	13615	17947	13615	25272	13615	18153	13615	75,2	70,7
№ 6, яблука	8812	10089	15173	10089	16330	10089	13452	10089	53,8	50,4
№ 7, яблука	13350	13615	15173	13615	24494	13615	18153	13615	71,2	66,6
№ 8, яблука	16556	13615	10207	13615	24494	13615	18153	13615	69,4	64,9
№ 9, банани	7565	10089	18893	10089	10368	10089	13452	10089	50,3	46,9
№ 10, картопля	8847	10089	17099	10089	15293	10089	13452	10089	54,7	51,3
№ 11, картопля	8060	10089	17099	10089	15293	10089	13452	10089	53,9	50,5
№ 12, картопля	12107	13615	25417	13615	22939	13615	18153	13615	78,6	74,1
№ 13, виноград	10956	13615	27883	13615	21384	13615	18153	13615	78,4	73,8
№ 14, виноград	7473	10089	18756	10089	14256	10089	13452	10089	53,9	50,6
№ 15, виноград	11210	10089	27883	10089	21384	10089	18153	13615	78,6	74,1
№ 16, виноград	13932	13615	27883	13615	21384	13615	18153	13615	81,4	76,8

Навантаження на теплообмінне обладнання : 1005 кВт

Навантаження на компресор : 939 кВт

вибухонебезпечним і не горючим. Однак його головним недоліком є високий потенціал глобального потепління, який становить 3900, хоча озоноруйнуючий потенціал цього агенту дорівнює 0.

Охолодження всередині камер забезпечується за допомогою спеціалізованих повітроохолоджувачів. Вони забезпечують ефективну циркуляцію повітря, що дозволяє підтримувати оптимальний температурний режим та запобігає негативному впливу продуктів розкладу, які можуть виділятися під час зберігання фруктів та овочів. Це особливо важливо для збереження свіжості та якості продуктів.

Теплота, що утворюється під час конденсації, відводиться за допомогою повітряного конденсатора. Порівняно з водяним конденсатором, підвищення температури конденсації є незначним, що робить використання повітряного конденсатора економічно вигідним і спрощує обслуговування. Відсутність необхідності в додатковому обладнанні, такому як градирня та система насосів для циркуляції води, знижує капітальні витрати та полегшує процес технічного обслуговування системи.

У рамках дослідження було проведено порівняння двох схем подачі холодоагенту: системи з прямим випаровуванням (DX) та системи з проміжним теплоносієм. Це порівняння базувалося на ряді технічних вимог, таких як енергоефективність, екологічна безпека, простота обслуговування та можливість застосування на об'єкті. Результати аналізу дозволили вибрати найбільш оптимальну схему, яка поєднує високу технічну ефективність з економічністю, забезпечуючи найкращий баланс між витратами на впровадження та експлуатацією системи.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

Розрахунковий робочий режим холодильної установки характеризується температурами кипіння та конденсації.

Температуру кипіння приймають на 3°C нижче температури в камері

$$t_0 = t_B - 5 = 0 - 3 = -3^\circ\text{C}$$

де t_B – температура повітря в камері.

Температура конденсації залежить від температури повітря навколишнього середовища. Приймають вище на 10°C розрахункової температури повітря.

$$t_k = t_s + 10 = 32 + 10 = 42^\circ\text{C}$$

Температуру перегріву приймаю 5К, переохолодження 3К.

Таблиця №8.1 Параметри точок циклу.

№ точки	t, °C	p, бар	h, кДж/кг	v, м³/кг
1'	-3	5,73	362	0,034
1	2	5,73	366	0,035
2	56	19,69	391	0,01
2'	42	19,69	376	0,009
3'	42	19,69	255	0,001
3	39	19,69	250	-
4	-10	5,73	250	0,012

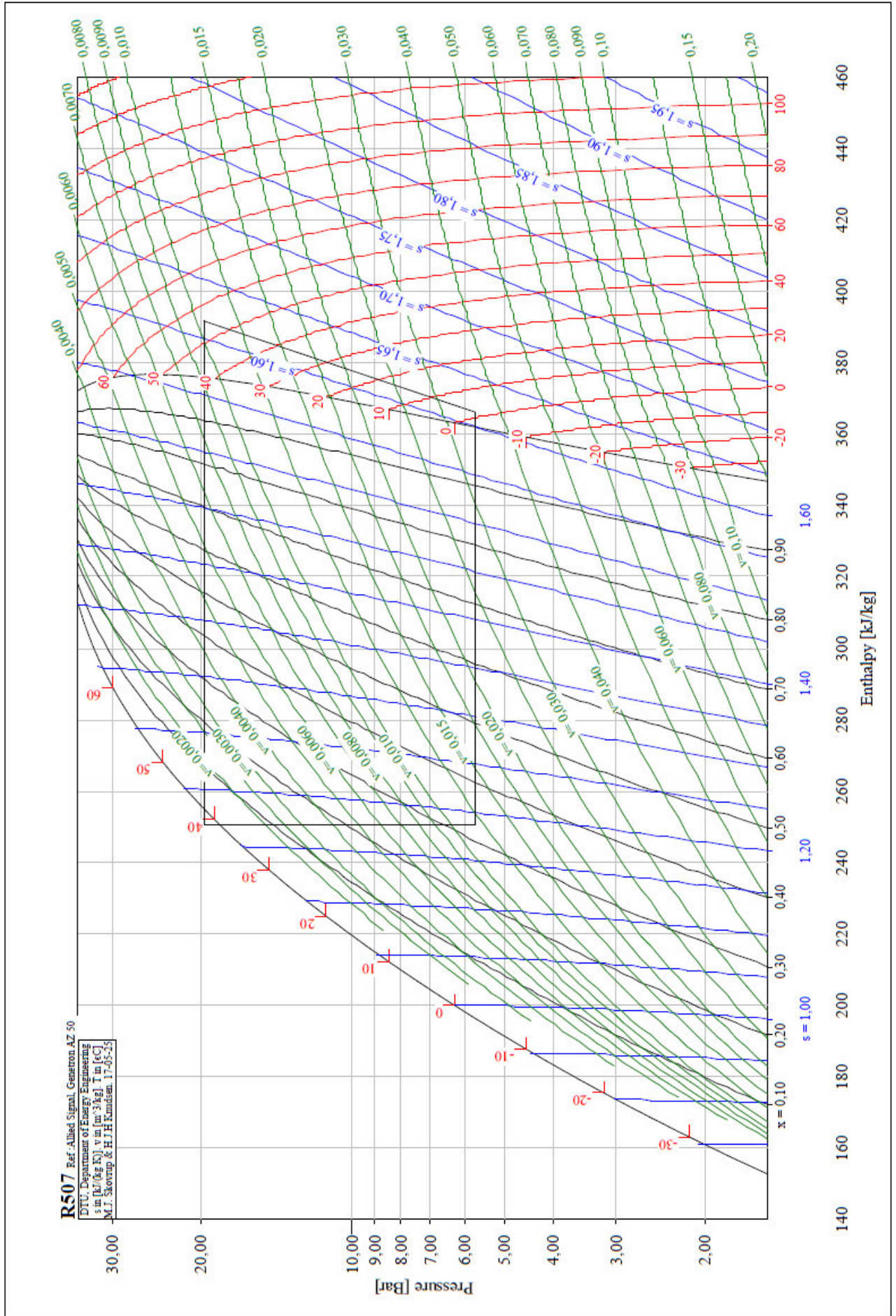
Тепловий розрахунок одноступеневої холодильної машини

За визначеними температурами побудовано цикл холодильної одноступеневої машини.

Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = i_1 - i_4 = 366 - 250 = 116 \text{ кДж/к}$$

Питома робота стиснення в компресорі:



Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

00.MP.00014.2.007.003.ПЗ

Питоме навантаження на конденсатор:

$$q_k = i_2 - i_3 = 391 - 250 = 141 \text{ кДж/кг}$$

Масова розхід циркулюючого холодоагенту для відведення теплонадходжень:

$$M_{T1} = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{105}{116} = 0,905 \text{ кг/с}$$

$$M_{T2} = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{144}{116} = 1,241 \text{ кг/с}$$

де Q_0 – потрібна холодопродуктивність компресора

Теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_T = M_T v_1 / \lambda \text{ м}^3/\text{с}$$

де v_1 – питомий об'єм всмоктуваної пари, λ – коефіцієнт подачі компресора.

$$V_{T1} = 0,905 \times 0,035 / 0,86 = 0,0368 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{T2} = 1,241 \times 0,035 / 0,86 = 0,0505 \text{ м}^3/\text{с}$$

1. Приймаю один гвинтовий компресор Bitzer HSK6451-50-40P. Об'ємна продуктивність $V_{KM1} = 0,0388 \text{ м}^3/\text{с}$. Потужність електродвигуна 37,2 кВт. Продуктивність конденсатора 140,8 кВт. Додаток 2.

2. Приймаю один гвинтовий компресор Bitzer HSK7451-70-40P. Об'ємна продуктивність $V_{KM1} = 0,0533 \text{ м}^3/\text{с}$. Потужність електродвигуна 53,4 кВт. Продуктивність конденсатора 202 кВт. Додаток 3.

Дійсний масовий розхід холодоагенту

$$M_{KM1} = \frac{\lambda V_{KM}}{v_1} = \frac{0,86 \times 0,0388}{0,035} = 0,953 \text{ кг/с}$$

$$M_{KM2} = \frac{\lambda V_{KM}}{v_1} = \frac{0,86 \times 0,0533}{0,035} = 1,309 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодопродуктивність компресорів

$$Q_{01} = M_{KM1} \times q_0 = 0,953 \times 116 = 110,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{02} = M_{KM2} \times q_0 = 1,309 \times 116 = 151,8 \text{ кВт}$$

Розрахунок привода компресора:

									Лист
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ				

Теоретична потужність стискання:

$$N_{T1} = M_{KM1} l = 0,953 \times 25 = 23,83 \text{ кВт}$$

$$N_{T2} = M_{KM2} l = 1,309 \times 25 = 32,73 \text{ кВт}$$

де l – питома робота стиснення в компресорі, кДж/кг

Дійсна потужність стискання:

$$N_{i1} = \frac{N_{T1}}{\eta_i} = \frac{23,83}{0,9} = 26,48 \text{ кВт}$$

$$N_{i2} = \frac{N_{T2}}{\eta_i} = \frac{32,73}{0,9} = 36,37 \text{ кВт}$$

де η_i – індикаторний ККД

Потужність на валу компресора:

$$N_{e1} = \frac{N_{i1}}{\eta_{мех}} = \frac{26,48}{0,9} = 29,42 \text{ кВт}$$

$$N_{e2} = \frac{N_{i2}}{\eta_{мех}} = \frac{36,37}{0,9} = 40,41 \text{ кВт}$$

де $\eta_{мех}$ – механічний ККД компресора, значення якого залежить від ступеня стискання.

Електрична потужність, потужність яку споживає електродвигун:

$$N_{ел1} = \frac{N_{e1}}{\eta_{ел}} = \frac{29,42}{0,95} = 30,96 \text{ кВт}$$

$$N_{ел2} = \frac{N_{e2}}{\eta_{ел}} = \frac{40,41}{0,95} = 42,53 \text{ кВт}$$

де $\eta_{ел}$ – ККД електродвигуна

Теплове навантаження на конденсатор з врахуванням втрат:

$$Q_{к1} = Q_{01} + N_{i1} = 110,5 + 26,48 = 137 \text{ кВт}$$

$$Q_{к2} = Q_{02} + N_{i2} = 151,8 + 36,37 = 188,17 \text{ кВт}$$

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Альтернативний розрахунок системи з використанням іншого холодоагенту: аналіз ефективності та вибір оптимального варіанту

Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування (пари на вході в компресор) t_{ec} . Значення цих параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки і розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння х.а. приймаємо на $5-8^\circ\text{C}$ нижчою, ніж температура у камерах.

$$t_0 = t_g - (5 \div 8)^\circ\text{C} = t_g - 5^\circ\text{C}.$$

Температуру конденсації для установок з повітряним охолодженням конденсатора приймають на $(10 \div 12)^\circ\text{C}$ вище розрахункової температури зовнішнього повітря:

$$t_k = t_{нов} + (10 \div 12)^\circ\text{C}$$

Для м. Одеса $t_c = 32^\circ\text{C}$; $\varphi = 41\%$.

Визначаємо температуру конденсації:

$$t_k = t_{зов} + 12 = 33 + 12 = 45^\circ\text{C}.$$

Величина переохолодження холодоагенту:

$$\Delta t_{неп} = 3^\circ\text{C}.$$

Величина корисного перегрівання пари холодоагенту у випарнику:

$$t_{н2} = (3 \div 10)^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

Загальний перегрів холодоагенту приймаємо:

$$\Delta t_{з.н.} = 20^\circ\text{C}.$$

Температура всмоктування парів холодоагенту компресором:

$$t_{ec} = 15^\circ\text{C}.$$

Вибір схеми та побудова циклу.

Приймаємо одноступеневу схему. Температура кипіння у випарниках $t_{01} = -5^\circ\text{C}$. Через значну довжину трубопроводів приймаємо тиск х.а. на всмоктуванні в компресор нижчим за тиск кипіння на 0,5 бар.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

За принциповою схемою установки будують цикли в $\lg P-i$ діаграмах для R134a, а значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл. 8.2.

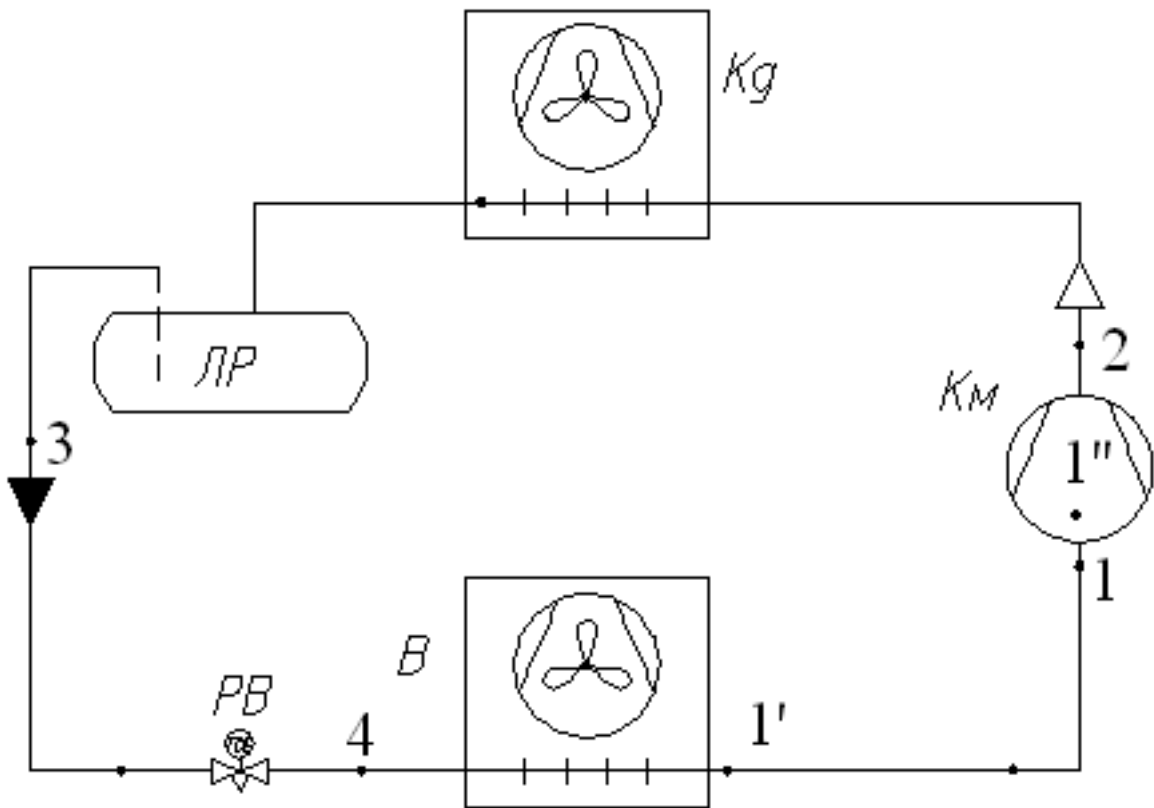


Рис 8.1. Схема холодильної установки

Таблиця 8.2. Параметри вузлових точок.

№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$V, \text{м}^3/\text{кг}$	$h, \text{кДж/кг}$
1	15	0,24	0,0906	412,2
1'	0	0,24	-	398,9
1''	13,6	0,193	0,1149	412,2
2	74	1,16	0,021	454,13
2'	83,3	1,16	-	464,6
3	42	1,16	-	259,2
4	-5	0,24	-	259,2

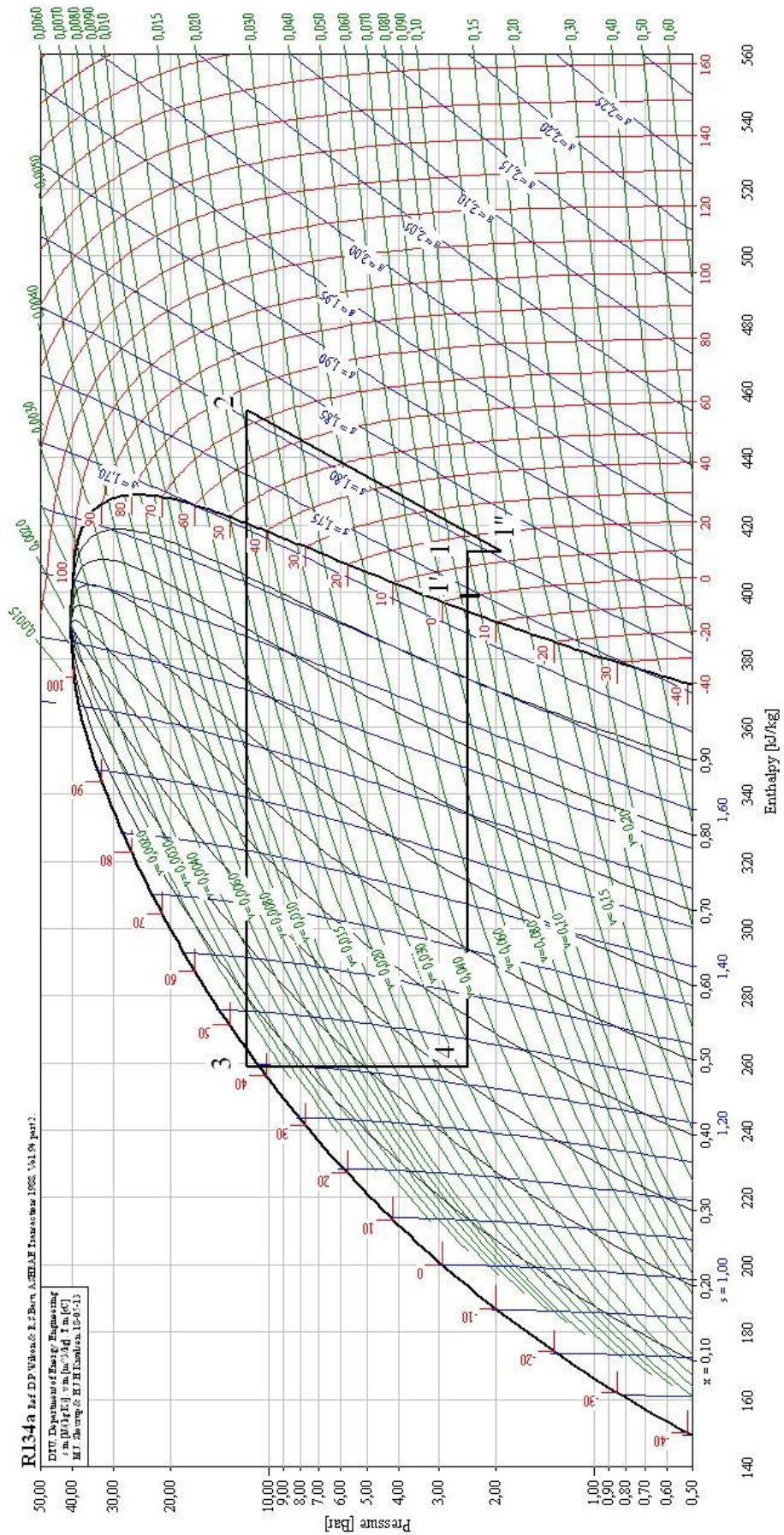


Рис 8.2. Цикл холодильної установки в lg P-i діаграмі для R134A

Тепловий розрахунок холодильної машини.

Задачами теплового розрахунку холодильної машини є: визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора; підбір компресора; визначення споживаної потужності; визначення теплового навантаження на конденсатор. Визначаємо основні параметри теоретичного циклу і потрібну об'ємну подачу компресора.

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента (в кДж/кг)

$$q_0 = i_1 - i_4$$

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента з температурою кипіння $t_0 = -5$ °С:

$$q_0 = i_1 - i_4 = 398,9 - 259,2 = 139,2 \text{ кДж/кг}$$

Питоме теплове навантаження конденсатора:

$$q_{k1} = i_2 - i_3 = 454,13 - 259,2 = 194,93 \text{ кДж/кг}$$

Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_T = i_2 - i_{1'}$$

$$l_T = i_2 - i_{1'} = 454,13 - 412,2 = 41,93 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агента, який потрібен для відводу теплопритоків:

$$M_{m(-5)} = \frac{Q_{0m(-5)}}{q_0} = \frac{845,5}{139,2} = 6,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаємо потрібну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів. З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

$$p_k/p_1 = 1,16/0,193 = 6,01 \quad \lambda = 0,8$$

Розрахунок компресора:

Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_0 = M_{км} \times v_{1'} = 6,07 \times 0,1149 = 0,698 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Об'єм, що описується поршнем:

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$V_h = \frac{V_o}{\lambda} = \frac{0,698}{0,8} = 0,87 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Вибираємо до встановлення три напівгерметичних компактних компресори Bitzer CSH95113-320Y – об'ємною подачею

$$V_{\text{км}} = 1120 \frac{\text{м}^3}{200\text{д}} = 0,311 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{V_h}{V_{\text{км}}} = \frac{0,87}{3 \times 0,311} = 0,935$$

Для централізованих систем коефіцієнт робочого часу повинен бути не менше 0,9. Умова виконується.

Дійсна масова витрата:

$$M_{\text{км}} = \lambda \times V_{\text{км}} / v_{1''} = 0,8 \times 0,311 / 0,1149 = 2,17 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Теоретична потужність компресора:

$$N_{\text{т(км)}} = M_{\text{км}} \times (i_2 - i_{1''}) = 2,17 \times (454,13 - 412,2) = 91 \text{кВт};$$

Дійсна (індикаторна) потужність компресора:

$$\eta_i = \lambda$$

$$\eta_i = 0,8;$$

$$N_{i(\text{км})} = N_{\text{т(км)}} / \eta_i = 91 / 0,8 = 113,7 \text{кВт};$$

Ефективна потужність:

$$N_{e(\text{км})} = \frac{N_{i(\text{км})}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{113,7}{0,9} = 126,1 \text{кВт};$$

Електрична потужність:

$$N_{\text{ел(км)}} = \frac{N_{e(\text{км})}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{126,1}{0,9} = 140,1 \text{кВт};$$

Для знаходження реального навантаження на конденсатор потрібно знайти реальне положення точок 2 через індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{h_2 - h_{1''}}{h_{2'} - h_{1''}}$$

					00.MP.00014.2.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$h_2 = h_{1''} + \frac{h_2 - h_{1''}}{\eta_i} = 412,2 + \frac{454,13 - 412,2}{0,8} = 464,6 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = M \cdot q_k = 6,9 \cdot (464,6 - 259,2) = 1337,2 \text{ кВт}$$

Табл. 8.3. Технічні характеристики компресорів

Компресор Bitzer	Об'ємна продуктивність, м ³ /год.	Розміри, мм			d _{вх.} мм	d _{вих.} мм	Швидкість Обертання, об/хв.	Потужність електродвигуна, кВт	Маса, кг.
		Д	Ш	В					
CSH95113-320Y	1120	1975	750	812	125	100	3000	277	1500

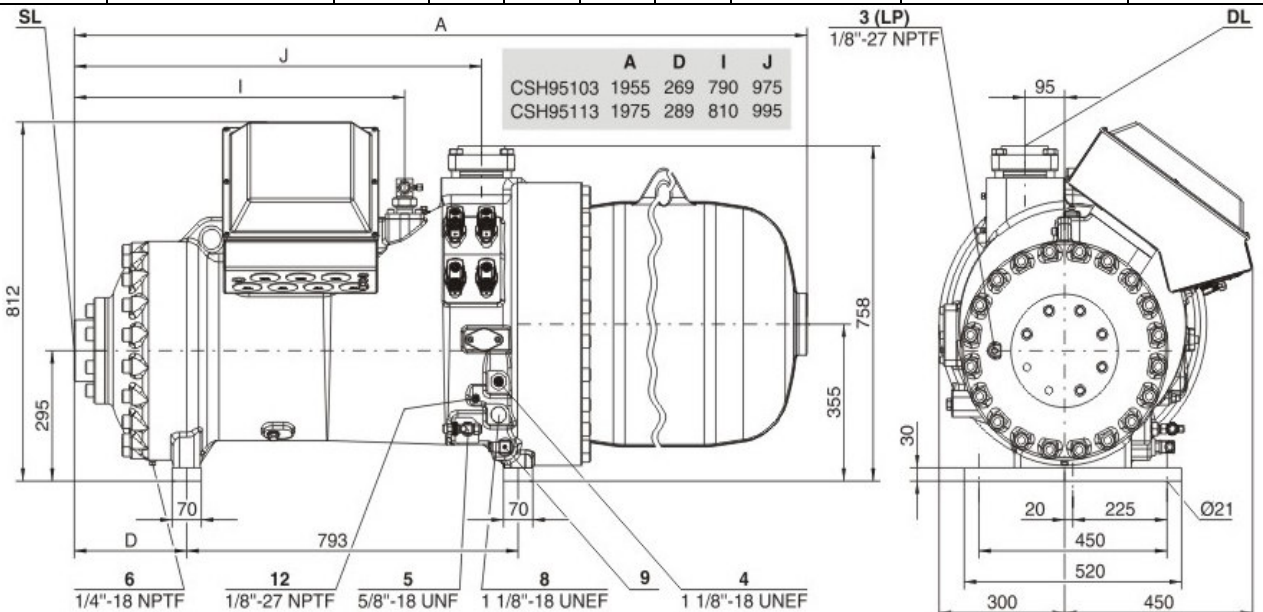


Рис. 8.3. Загальний вигляд компресора Bitzer CSH95113-320Y

Тепловий розрахунок комплексної холодильної машини для охолодження проміжного теплоносія. Вибір компресорів.

Приймаємо одноступеневу холодильну машину з проміжним холодоносієм (пропіленгліколем), холодильний агент R134A.

В холодильних установках з проміжним холодоносієм температуру кипіння холодильного агента приймають на 4-6 °С нижче середньої температури холодоносія у приладах охолодження:

$$t_0 = t_s - (4 \div 6)^\circ\text{C};$$

де t_s середня температура холодоносія в приладах охолодження, яка визначається за формулою:

$$t_s = t_g - (7 \div 10)^\circ\text{C};$$

$$t_s = 0 - 7 = -7^\circ\text{C};$$

Визначаємо температуру кипіння холодильного агента:

$$t_0 = -7 - 5 = -12^\circ\text{C};$$

Температура конденсації, переохолодження, корисного перегріву приймається та ж сама що і в п. 2.7..

$$t_k = 45^\circ\text{C}. \Delta t_{\text{неп}} = 3^\circ\text{C}. t_{\text{нз}} = 5^\circ\text{C}$$

Повний перегрів складає $t_{\text{вс}} = t_0 + (10) = -12 + 10 = -2^\circ\text{C}$.

Оскільки в комплексній машині незначна довжина трубопроводів, приймаємо тиск х.а. на всмоктуванні в компресор рівним тиску кипіння.

Будуємо цикл в $\lg P - i$ діаграмі для R134a. Значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу заносимо до табл. 2.7.3.

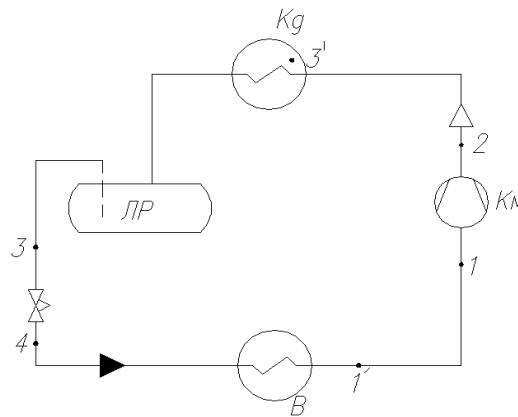


Рис. 8.4. Схема холодильної установки.

Таблиця 8.4. Параметри холодильного агента

№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3/\text{год}$	$h, \text{кДж/кг}$
1'	-7	0,185	-	393
1	-2	0,185	0,112	398,8
2	60,5	1,16	0,019	438,8
2'	70	1,16	0,02	449,4
3'	45	1,16	-	264
3	42	1,16	-	259,2
4	-12	0,185	-	259,2

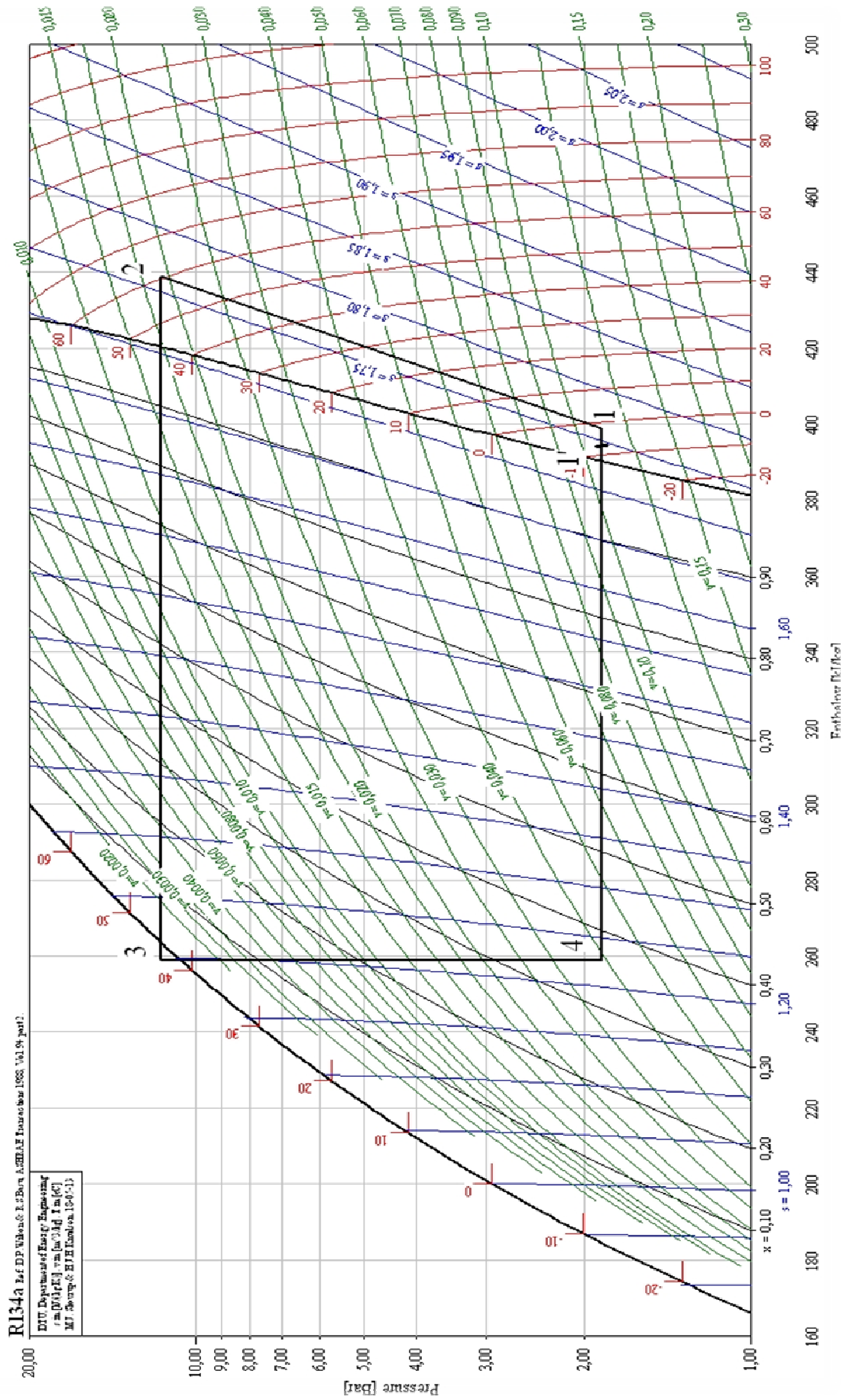


Рис. 8.5. Цикл холодильної установки.

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу і потрібну об'ємну подачу компресора.

- 1) Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_1' - h_4 = 393 - 259,2 = 133,8 \text{ кДж / кг};$$

- 2) Питоме теплове навантаження конденсатора:

$$q_k = h_2 - h_3 = 438,8 - 259,2 = 179,6 \text{ кДж / кг};$$

- 3) Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_T = h_2 - h_1 = 438,8 - 393 = 45,8 \text{ кДж / кг};$$

- 4) Масова витрата холодильного агенту:

$$M_{\text{км}} = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{845,5}{133,8} = 6,32 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Визначаємо потрібну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів. З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

$$p_k/p_0 = 1,16/0,185 = 6,3 \quad \lambda = 0,79$$

Розрахунок компресора:

- 1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{\text{км}} \times v_1 = 6,32 \times 0,112 = 0,708 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

- 2) Теоретичний об'єм всмоктування:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,708}{0,79} = 0,896 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Вибираємо до встановлення три напівгерметичних компактних компресори Bitzer CSH95113-320Y – об'ємною подачею

$$V_{\text{км}} = 1120 \frac{\text{м}^3}{200} = 0,311 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{V_h}{V_{\text{км}}} = \frac{0,896}{3 \times 0,311} = 0,96$$

Для централізованих систем коефіцієнт робочого часу повинен бути не менше 0,9. Умова виконується.

- 3) Дійсна масова витрата:

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Висновок

1. Система DX (Direct Expansion)

Пряме випаровування холодоагенту означає, що холодоагент подається безпосередньо до випарника, де він випаровується, поглинаючи тепло з охолоджуваного середовища.

Основні характеристики:

- Простота конструкції: Холодоагент циркулює безпосередньо між компресором, конденсатором та випарником.
- Висока ефективність: Через мінімальні втрати тепла між випарником і джерелом охолодження.
- Швидке реагування: Завдяки безпосередньому контакту холодоагенту з випарником.
- Економічність: Менша кількість обладнання (відсутній проміжний теплоносій).

Застосування:

Найбільш ефективний у системах із короткими трубопроводами або в системах із розподіленим навантаженням, як у кондиціонерах, комерційних холодильниках чи морозильниках.

Недоліки:

Обмежена довжина трубопроводів: Через падіння тиску та труднощі з рівномірною подачею холодоагенту.

Ризик втрати холодоагенту: Прямий контакт може ускладнювати виявлення та усунення витоків.

2. Система з проміжним теплоносієм

Ця система використовує проміжний теплоносій (розсіл, воду, гліколеві розчини тощо), що циркулює між випарником холодильного агрегату та охолоджуваним об'єктом.

Основні характеристики:

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Обидві системи мають свої переваги й недоліки, вибір між ними залежить від специфіки об'єкта, вимог до ефективності, екологічних норм і бюджету проекту.

За результатами розрахунків і порівняння було обрано систему з прямим випаровуванням холодоагенту (DX), оскільки вона забезпечує вищу енергоефективність, швидку реакцію на зміну навантаження та простоту конструкції, що найкраще відповідає вимогам технічного завдання та умовам експлуатації об'єкта.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

9. Розрахунок і вибір теплообмінних апаратів, допоміжного обладнання

Розрахунок конденсатора

Потрібну площу теплопередаючої поверхні визначають по дійсному тепловому потоку, визначеному при тепловому розрахунку холодильної машини.

Площа теплопередаточної поверхні:

$$F = Q/k\theta, \text{ м}^2$$

де Q – теплове навантаження на конденсатор, Вт; k – коефіцієнт теплопередачі Вт/(м²К), θ – розрахункова різниця температур.

В якості розрахункової різниці температур приймається середньологарифмічний тепловий напір

$$\theta = \frac{(t_k - t_{п1}) - (t_k - t_{п2})}{\ln \frac{t_k - t_{п1}}{t_k - t_{п2}}} = \frac{(42 - 32) - (41 - 37)}{\ln \frac{(42 - 32)}{(42 - 37)}} = 7,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де t_k – температура конденсації парів, $t_{п1}$ – температура повітря що входить до конденсатору, $t_{п2}$ – температура повітря що виходить з конденсатора.

$$F_1 = \frac{Q}{k\theta} = \frac{137 \times 10^3}{30 \times 7,2} = 634,3 \text{ м}^2$$

Підбір конденсатора проведено у додатку 4. Конденсатор Guentner GVD 080.3A/2x2-ND.E

$$F_2 = \frac{Q}{k\theta} = \frac{188,17 \times 10^3}{30 \times 7,2} = 871,16 \text{ м}^2$$

Підбір конденсатора проведено у додатку 5. Конденсатор GVD 090.3A/2x2-ND.E

Вибір масловіддільника

Підбір масловіддільника здійснюється на основі об'ємної витрати мастила, що подається компресором.

Гвинтовий компресор Bitzer HSK6451-50-40P має об'ємну витрату мастила 1,23 м³/год.

										Лист
										54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

Гвинтовий компресор Bitzer HSK7451-70-40P має об'ємну витрату мастила 1,77 м³/год.

Для цих компресорів обрано масловіддільник Bitzer OA1954, здатний обробляти максимально 3,1 м³/год мастила.

Вибір лінійного ресивера

Вибір лінійного ресивера здійснюється згідно з додатком 6 Bitzer, де по діаграмі, що відповідає холодопродуктивності, визначається об'єм ресивера, що коригується за допомогою коефіцієнта для холодоагенту R507.

Для установки з компресором Bitzer HSK6451-50-40P об'єм ресивера має становити 154 дм³. За додатком 7 обрано вертикальний лінійний ресивер Bitzer FS1602 з об'ємом 160 дм³.

Для установки з компресором Bitzer HSK7451-70-40P об'єм ресивера має бути 210 дм³. За додатком 7 обрано вертикальний лінійний ресивер Bitzer FS2202 з об'ємом 228 дм³.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

Розрахунок повітроохолодників

Площа теплопердаючої поверхні визначається за формулою:

$$F = Q/k\theta, \text{ м}^2$$

де Q – сумарне теплове навантаження на камерне обладнання, Вт;
 k – коефіцієнт теплопередачі Вт/(м²К), θ – розрахункова різниця температур.

За додатком 8 проводиться підбір повітроохолодників.

Після підбору проводиться перевірка на те чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V = \frac{Q}{\rho(i_1 - i_2)}, \text{ м}^3/\text{с}$$

де Q – сумарне теплове навантаження на камерне обладнання, Вт;
 ρ – густина вихідного повітря, кг/м³; i_1, i_2 – ентальпія повітря входячого і виходячого із повітроохолодника, Дж/кг.

Для камери №1

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{25 \times 1000}{23,3 \times 3} = 357 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 випарника з шістьма вентиляторамі Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{25 \times 1000}{1,29 \times (36 - 32) \times 1000} \times 3600 = 17441 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №2

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{28,2 \times 1000}{23,3 \times 3} = 403 \text{ м}^2$$

									Лист
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ				

Приймаю 3 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{25 \times 1000}{1,29 \times (15 - 11) \times 1000} \times 3600 = 17441 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №6

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{27 \times 1000}{23,3 \times 3} = 386 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{27 \times 1000}{1,29 \times (16 - 12) \times 1000} \times 3600 = 18837 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №7

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{23,7 \times 1000}{23,3 \times 3} = 339 \text{ м}^2$$

Приймаю 3 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{23,7 \times 1000}{1,29 \times (16 - 12) \times 1000} \times 3600 = 16534 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №8

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{23,1 \times 1000}{23,3 \times 3} = 330 \text{ м}^2$$

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Приймаю 3 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{23,1 \times 1000}{1,29 \times (16 - 12) \times 1000} \times 3600 = 16116 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №9

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{25,1 \times 1000}{23,3 \times 3} = 357 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{25,1 \times 1000}{1,29 \times (36 - 32) \times 1000} \times 3600 = 17441 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №10

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{27,3 \times 1000}{23,3 \times 3} = 390 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{27,3 \times 1000}{1,29 \times (19 - 13) \times 1000} \times 3600 = 12697 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №11

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{27 \times 1000}{23,3 \times 3} = 386 \text{ м}^2$$

										Лист
										59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

Приймаю 2 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{27 \times 1000}{1,29 \times (19 - 13) \times 1000} \times 3600 = 12558 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №12

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{26 \times 1000}{23,3 \times 3} = 371 \text{ м}^2$$

Приймаю 3 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{26 \times 1000}{1,29 \times (19 - 13) \times 1000} \times 3600 = 12093 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №13

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{26 \times 1000}{23,3 \times 3} = 371 \text{ м}^2$$

Приймаю 3 випарника з шістьма вентиляторами Guentner GACA RX 050.1F/67-AND53.E , площа теплообміну 356,1 м², розхід повітря 45360м³/год.

Перевірка:

$$V = \frac{26 \times 1000}{1,29 \times (19 - 13) \times 1000} \times 3600 = 12093 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підходить.

Для камери №14

$$F = \frac{Q}{k\theta} = \frac{27 \times 1000}{23,3 \times 3} = 386 \text{ м}^2$$

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Тривалість процесу відтайки визначається двома параметрами: часом і температурою на теплообмінниках. Часовий ліміт для відтайки становить 40 хвилин — якщо за цей час процес не завершено, система автоматично переходить до охолодження. Другий параметр — температура, що вимірюється датчиками температури 2, які встановлені в блоці теплообмінника. Процес відтайки завершується, коли температура на цих датчиках досягає 30 °С.

Після завершення процесу відтайки тени вимикаються, і на дві хвилини відкриваються клапани подачі холодоагенту 5. Це дозволяє каплям води, що не встигли стікати, замерзнути назад на теплообміннику. Лише після цього вмикаються вентилятори повітроохолоджувачів 4. Цей невеликий час затримки потрібен, щоб запобігти потраплянню води на лопаті вентиляторів, що може призвести до їх пошкодження.

Терморегулюючі вентилі та їх функція

Окрім електронної автоматизації, система холодильних установок включає терморегулюючі вентилі, що відповідають за регулювання перегріву в повітроохолоджувачах. Терморегулюючий вентиль — це точний пристрій, який регулює подачу холодоагенту в випарник, залежно від інтенсивності кипіння агента. Він також запобігає потраплянню рідкого холодоагенту в компресор, що може призвести до його пошкодження.

Наприклад, якщо випарник працює на фреоні R12 і тиск всмоктування становить 0,25 МПа, то температура насичення на цьому тиску буде рівною 4 °С. За цього тиск рідкого холодоагенту не перевищує 4 °С, поки він перебуває в рідкому стані. В одній установці може бути кілька випарників, тому правильний вибір терморегулюючого вентиля має велике значення для стабільної роботи системи.

Для вибору оптимального ТРВ для конкретної холодильної установки важливо враховувати температуру випаровування холодоагенту та втрати тиску в системі. До них належать втрати на розподільних патрубках, в рідинних

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубопроводах, в елементах системи, таких як осушувачі, клапани, та інші компоненти.

Існують терморегулюючі вентиля з внутрішнім та зовнішнім вирівнюванням. Для зменшення тиску в випарнику в конструкції з зовнішнім вирівнюванням додається трубка, яка передає тиск з виходу випарника до мембрани вентиля. Це забезпечує стабільний баланс між тиском на виході з випарника та силою пружини в термобалоні.

Висновок

повітроохолоджувачі. Перший фактор являє собою обмеження по часу тривалості відтайки не більш ніж на 40 хв. Якщо після закінчення даного часу відтайка не закінчилася установка все одно повертається до охолодження.

При цьому, поки холодоагент перебуває в рідкому стані, його температура буде залишатися в межах 4°C . В одній і тій же установці можна використовувати кілька випарників.

При виборі оптимального ТРВ для конкретної холодильної установки, необхідно враховувати температуру випаровування, а також повні втрати в ТРВ. Вони рівні різниці тиску конденсації і випаровування за винятком втрат:

контролерів управління значно спрощує процес автоматизації і дозволяє більш якісно проводити процеси які проходять в установці. Крім того їхня простота дозволяє обслуговуючому персоналу з легкістю користуватися ними в процесі експлуатації установки.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл.12.2. Магнітні пускачі.

№ п/п	Позначення на схемі	v н, А	1,1·v л	Магнітний пускач		Тепловое реле	
				тип	vн ,А	тип	v уст ,А
1	ВП	9	9,9	ПМ12-016110У3А	16	ТРН-16	10
2	ВК	16	17,6	ПМ12-025110У3А	25	ТРН-25	16
3	КМ	79	86,9	ПМ12-100110У3А	100	ТРН-100	80

12.6. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні повітряні вимикачі (автомати) призначені для захисту мереж електроприймачів від пошкоджень викликаних струмом вище допустимих значень, а також від струмів КЗ.

Вибір автоматів здійснюється, виходячи з таких умов:

$$I_{н.а} \geq I_{л}; U_{н.а} = U_{л}; I_{ср} \geq 1,25 I_{max} .$$

Вибір установки спрацювання електромагнітного розчеплювача $I_{ср}$ вибрано найближчий до $I_{зр}$ для ліній окремих електродвигунів прийнято:

$$I_{max} = I_{пуск}.$$

У зв'язку з тим, що електроприймачі захищені від перевантажень, завдяки тепловим реле МП, автомати вибрані з електромагнітним розчеплювачем для захисту від максимальних струмів.

Передбачена установка серії автоматів, що входить в комплект стандартних розподільчих пунктів.

Результати вибору автоматів зведені в таблицю.

									Лист
									67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ				

12.9 Вибір числа і потужності трансформаторів

Для забезпечення надійного і безперервного електропостачання приймачів I та II категорії вибрана двохтрансформаторна підстанція.

Таблиця 12.6 Потужність електроприймачів.

Споживачі	P, кВт	Ки	Pзм, кВар	tgφ	Qзм,кВар
РП1	72	0,75	54	0,51	36,7
РП2	72	0,75	54	0,51	36,7
РП3	72	0,75	54	0,51	36,7
РП4	101	0,75	75	0,51	51,5
РП5	101	0,75	75	0,51	51,5
РП6	72	0,75	54	0,51	36,7
РП7	101	0,75	75	0,51	51,5
РП8	101	0,75	75	0,51	51,5
Сумарно	692		561		352,8

Значення активної потужності:

$$P_{p \max} = K_m \cdot \sum P_{zm} = 1,21 \cdot 692 = 837,3 \text{ кВт.}$$

Значення реактивної потужності:

$$Q_{p \max} = 1,1 \cdot \sum Q_{zm} = 1,1 \cdot 296,8 = 388,1 \text{ квар.}$$

Значення повної потужності.

$$S_{p \max} = (P_{p \max}^2 + Q_{p \max}^2)^{0,5}$$

$$S_{p \max} = (837,3^2 + 388,1^2)^{0,5} = 922 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

При виході з ладу одного трансформатора Т1, інший Т2 забезпечує живлення всіх споживачів. Потужність силових трансформаторів вибрана з умови економічності режиму роботи, а також забезпечення резервування живлення споживачів з врахуванням допустимого перевантаження $K_2(t)$. Номінальна потужність трансформатора вибрана по розрахунковому максимуму навантаження S_p . Згідно рекомендації номінальна потужність вибрана не більше 0,7 передбаченого розрахункового максимуму навантаження ($K_1=0,7$). Величина $K_2(t)$ вибрана для $K_1=0,7$ та $t=6$ годин. Звідки: $S_p / (K_2(t) \cdot S_n) \leq 0,7$. Приймаємо до установки два трансформатора 1000 кВ·А типу ТМ-1000/10.

										Лист
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

13. Охорона праці

В процесі проектування було передбачено впровадження передового обладнання з високим рівнем автоматизації, що забезпечує експлуатацію холодильного обладнання згідно з найсучаснішими стандартами безпеки. Таке обладнання дозволить не лише підвищити рівень безпеки в процесі експлуатації, але й покращити умови праці обслуговуючого персоналу. Крім того, підвищена автоматизація мінімізує людський фактор, що в свою чергу знижує ризики аварійних ситуацій.

Усі проекти були розроблені з урахуванням вимог чинної нормативно-технічної документації та стандартів з охорони праці. Основні вимоги до безпеки праці та забезпечення належних умов для персоналу відображені в планах щодо організації безпечного робочого процесу, а також у правилах обслуговування та експлуатації обладнання.

Нормативно-технічна документація на робочому місці включає:

- Добовий журнал роботи холодильного обладнання в компресорному цеху, що ведеться відповідальними працівниками.
- Інструкції з експлуатації холодильних установок, обслуговування машин і апаратів, технічного обслуговування приладів автоматики, а також з питань пожежної безпеки та охорони праці.
- Наявність на робочих місцях схем трубопроводів з позначеннями запірно-регулювальної арматури і приладів автоматики, річних і місячних графіків планово-попереджувального ремонту.
- Інструкції з надання долікарської допомоги у разі отруєння чи ураження електричним струмом, дії персоналу у разі аварійних ситуацій, а також номери телефонів для екстрених випадків (швидка допомога, пожежна служба, служба цивільної оборони тощо).

Техніка безпеки

Основним ризиком при експлуатації холодильного обладнання є можливість раптового руйнування його компонентів, що може призвести до

										Лист
										71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

вибуху та викиду токсичних парів в атмосферу. Для забезпечення безпеки на підприємстві розроблені та затверджені спеціальні інструкції, що регулюють процеси експлуатації холодильних установок, зокрема у відповідності до норм ДНАОП 0.00-1.07-94, які визначають правила безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, та інших стандартів.

До обслуговування холодильних установок допускаються лише кваліфіковані працівники, які пройшли спеціальне навчання та отримали свідоцтва про завершення навчальних курсів. Всі машиністи, що обслуговують холодильні установки, повинні пройти стажування протягом не менше одного місяця. Це дозволяє їм детально ознайомитися з конкретною установкою та навчитися підтримувати її в нормальних робочих режимах.

Залежно від умов експлуатації, холодильну установку може обслуговувати один машиніст, якщо процес виробництва дозволяє тимчасову зупинку охолодження. У протилежному випадку на зміну повинно працювати не менше двох машиністів.

Персонал, що працює в приміщеннях з холодильними установками, регулярно проходить інструктажі з охорони праці, включаючи інструкції з безпеки при роботі з аміачними системами охолодження.

Санітарні вимоги

Машинне відділення знаходиться в окремій будівлі, відділеній від основного корпусу холодильника пожежотривкою стіною. Розміри приміщення відповідно до нормативних вимог складають 24 м у довжину, 12 м у ширину та 4,8 м у висоту. У компресорному цеху встановлено дві холодильні машини з поршневыми компресорами, між якими є достатній простір для безпечного проходу та обслуговування. Приміщення має надійно утеплену підлогу, що забезпечує комфортні умови для роботи персоналу.

Електробезпека

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Компресорне відділення та пункти управління відносяться до приміщень підвищеної небезпеки. Всі електроустановки в цехах виконано відповідно до вимог ДНАОП 00.0-1.32-01 і ДНАОП 00.0-1.21-98, а також інших нормативних актів. Окрім того, передбачено заземлення та автоматичне вимикання електричного обладнання, надійна ізоляція та обмеження доступу до струмопровідних частин для забезпечення максимального захисту персоналу від можливих аварійних ситуацій.

Пожежна безпека та вибухозахист

Машинне відділення відноситься до вибухо- та пожежонебезпечних категорій, тому в будівлі передбачено ряд заходів для запобігання пожежам та вибухам. Це включає систему витяжної вентиляції, світлову сигналізацію, а також систему оповіщення про пожежу. Всі об'єкти обладнані засобами для оперативного реагування у разі аварійних ситуацій, включаючи наявність вогнегасників, а також вказівки щодо дій персоналу в надзвичайних ситуаціях.

Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат в компресорному цеху підтримується на оптимальному рівні за допомогою системи вентиляції, кондиціонування та опалення. У холодну пору року температура повітря в приміщеннях підтримується в межах 18-20°C, а в теплий період року – 22-24°C, що дозволяє забезпечити комфортні умови для працівників і стабільну роботу обладнання.

Також, у виробничих приміщеннях забезпечується належний рівень вентиляції, що відповідає вимогам для забезпечення комфортних умов праці, а також для запобігання накопиченню небезпечних газів і пари.

Вентиляційна система складається з загальної припливно-витяжної вентиляції з належними фільтрами для очищення повітря та підтримання необхідного повітрообміну. Витяжна вентиляція має можливість аварійного включення для зниження концентрації шкідливих речовин у разі аварійної

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Техніка безпеки

Основна небезпека при експлуатації холодильної установки полягає в можливому раптовому руйнуванні холодильного обладнання (випарників, конденсаторів, компресорних агрегатів, трубопроводів та ін.), яке супроводжується вибухом та викидом в атмосферу отруйних парів.

Безпечна експлуатація холодильного устаткування здійснюється згідно вимог, ДНАОП 0.00 - 1.07 - 94. “Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском та інших нормативних документів і стандартів безпеки праці”.

До обслуговування холодильних установок допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і мають свідоцтво про закінчення спеціального навчального закладу або курсів:

- по експлуатації холодильних установок — для машиністів;
- по автоматизації холодильних установок — для слюсарів по КВП і автоматиці.

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця, в результаті якого вони освоюють обслуговування конкретної установки і підтримання нормальних режимів її роботи, і відповідної перевірки знань.

Допускається обслуговування холодильної установки одним машиністом в зміну, якщо по умовам технологічного процесу споживача холоду можливе тимчасове припинення постачання холоду з вимкненням холодильної установки. В протилежному випадку холодильну установку повинні обслуговувати не менше двох машиністів в зміну.

Персонал, що працює у виробничих приміщеннях, в яких встановлено технологічне обладнання, проходить інструктаж по охороні праці, пов'язаний

					00.МР.00014.2.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

із застосуванням на виробництві аміачної системи безпосереднього охолодження. Інструктаж проводить начальник цеху, в якому експлуатується таке обладнання.

Періодичну перевірку знань персоналом інструкції по обслуговуванню холодильної установки, техніці безпеки, по експлуатації обладнання і практичним діям по наданню долікарської допомоги проводять не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів по холодильній техніці, електротехніці, приборах автоматики і техніці безпеки.

Перевірку знань по техніці безпеки у керуючих і інженерно-технічних робітників здійснюють у відповідності з "Положенням про порядок перевірки знань правил і норм по охороні праці керуючих, інженерно-технічних робітників і спеціалістів".

Інструкції доведені до персоналу, що обслуговує холодильну установку (під розписку), і вивішені на видному місці.

Заходи з електробезпеки

Компресорне відділення та ПУ відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою (ДНАОП 00.0-1.32.-01. "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок").

Електроустановки, що експлуатуються, відповідають вимогам ДНАОП 00.0-1.32-01, ДНАОП 0.00.-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів", а також діючим стандартам безпеки праці та іншим нормативним документам.

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

- у приміщенні компресорного цеху електропроводка, кабельні лінії та виконання електроустаткування мають ступінь захисту оболонок – IP-44 (ДНАОП 00.0-1.32-01);

заземлення із ізольованою нейтраллю типу IT всіх металевих не струмопровідних конструкцій електричного обладнання. Опір заземлюючого

										Лист
										76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

пристрою не перевищує 4 Ом. Заземлення електричного обладнання ($R_3 < 4$ Ом);

- надійна ізоляція (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках становить 1,2 МОм);
- живлення систем автоматизації, світильників підсвічування шкал приладів контролю і керування компресорами малою напругою (до 12 В);
- всі агрегати, що живляться зміною напругою 220/380 В обладнуються заземленням і аварійним відімкненням;
- недоступність струмоведучих частин досягається за допомогою огорож, закритих щитів, розташуванням на недоступній висоті. Під щитами бути діелектричні ковбики (або підставки);
- приміщення компресорного цеху обладнується знаками безпеки;
- ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення;
- для захисту від КЗ в схемі електропостачання передбачено автоматичні вимикачі;
- в якості допоміжного заходу захисту повинне застосовуватися захисне відключення.

Для подальшого покращення робочих умов та підвищення енергоефективності холодильного цеху в рамках модернізації та обслуговування встановлено нові методи моніторингу та управління енергоспоживанням. Використання сучасних систем автоматизації дозволяє більш точно контролювати енергетичні витрати на кожному етапі виробничого процесу, що значно знижує загальну витрату енергії та зменшує експлуатаційні витрати.

Одним із важливих елементів стало впровадження інтелектуальних систем управління кліматом, що дає можливість автоматично коригувати температуру та вологість у виробничих приміщеннях залежно від зовнішніх

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

та внутрішніх умов. Це дозволяє не лише зберігати стабільні умови для зберігання продуктів, але й значно знижувати витрати енергії на охолодження, що в свою чергу має позитивний ефект на загальний енергетичний баланс підприємства.

Особливу увагу було приділено вибору найбільш ефективних та екологічно чистих охолоджувальних агентів для холодильних установок. Використання новітніх фреонів з низьким потенціалом глобального потепління (GWP) дозволяє не лише знизити викиди парникових газів, але й підвищити загальну ефективність холодильних систем. Окрім того, нові технології дозволяють зменшити витрати на обслуговування та ремонт, оскільки вони мають значно більший термін експлуатації.

Що стосується пожежної безпеки, в холодильному цеху важливо забезпечити комплексний підхід до запобігання пожежам і ефективного реагування у разі надзвичайної ситуації. Ось кілька ключових аспектів, які слід враховувати:

1. Пожежна сигналізація та автоматичні системи пожежогасіння:

Встановлення сучасних систем автоматичного виявлення пожежі та сигналізації дозволяє оперативно реагувати на будь-які загрози. Це можуть бути сповіщувачі диму, температурні датчики, а також інтеграція з автоматичними системами гасіння, які спрацьовують одразу після виявлення загрози. Наприклад, використання системи газового або водяного гасіння у зонах з високою пожежною небезпекою (підходить для холодильних приміщень).

2. Пожежні засоби та інфраструктура: Усі приміщення повинні бути оснащені вогнегасниками відповідно до вимог пожежної безпеки, а також обладнані системами автоматичного поливу та пожежними кранами. Важливо забезпечити наявність доступних евакуаційних виходів і розмістити відповідні знаки, які вказують на шляхи евакуації.

3. Електричні та механічні системи: Потрібно ретельно перевіряти електричні кабелі та обладнання на наявність можливих пошкоджень,

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

також збільшити рівень стресу. Для мінімізації шуму застосовуються наступні заходи:

- **Ізоляція шумних елементів:** Обладнання, що створює шум (наприклад, компресори), слід ізолювати від інших частин цеху за допомогою звукоізоляційних матеріалів. Це може бути звукопоглинальні екрани, спеціальні стіни або матеріали для підлоги, які знижують рівень шуму, що поширюється.

- **Антивібраційні та звукоізоляційні матеріали:** Використання гумових або металевих антивібраційних прокладок та амортизаторів допомагає знизити шум, спричинений механічними вібраціями. У разі необхідності можна застосовувати спеціальні шумопоглинальні коврики та матеріали, що зменшують звуковий тиск.

- **Системи вентиляції і кондиціонування:** Вентиляційні системи та кондиціонери повинні бути належним чином налаштовані, щоб мінімізувати шум від їх роботи. Це може включати використання тихих вентиляторів, шумопоглинаючих каналів або спеціальних корпусів для зменшення звукового навантаження на персонал.

- **Звукові бар'єри:** Звукові бар'єри можуть бути встановлені навколо найбільш шумних зон або обладнання, таких як компресори та холодильні установки. Ці бар'єри можуть бути виготовлені з матеріалів, що добре поглинають звук.

- **Моніторинг рівня шуму:** Регулярне вимірювання рівня шуму на робочих місцях за допомогою шумомірів є важливим для виявлення і своєчасного усунення проблем з шумом. У разі перевищення встановлених норм шуму повинні бути вжиті додаткові заходи для його зниження.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Цивільний захист

Організація радіаційного контролю виробничого персоналу на холодильнику у надзвичайних ситуаціях

Вступ

Радіаційна ситуація в Україні характеризується наявністю складного поєднання різноманітних джерел опромінення людини, які діють одночасно: індустриальні, медичні, а також "пролонговані" аварійні та техногенно-підсилені природні, а також ті, що супроводжують відходи виробництва, залишки минулих технологій, тощо.

Основними джерелами опромінення населення України, як і в інших країнах світу, є техногенно-підсилені діяльністю людини природні джерела. Середньорічна ефективна доза опромінення населення цими джерелами в Україні становить понад 6 мЗв. Понад 70% цієї дози складає радон-222 - продукт розпаду природного урану-238. Актуальною також є проблема опромінення людини техногенно-підсиленими джерелами природного походження у виробничих умовах (металургія, не уранові шахти та інше).

На другому місці за величиною наявних доз опромінення є джерела, які використовуються в медицині з метою діагностики та лікування. Середня доза опромінення населення від медичних процедур в Україні становить 0, 5 мЗв на рік. В той же час внесок цього виду опромінення у сумарну дозу достатньо істотний і складає 10-20%. Тому проведення заходів по зниженню цієї компоненти опромінення є досить актуальним.

Дуже важливим з позиції профілактичної медицини є також зменшення радіаційного впливу на населення, яке мешкає на територіях, де зберігаються відходи виробництва з підвищеним вмістом природних радіонуклідів.

Джерела іонізуючого випромінювання (далі ДІВ) у вигляді радіоактивних речовин або пристроїв широко використовуються у промисловості, медицині, наукових закладах тощо області.

									Лист
									81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ				

Небезпеку, пов'язану з використанням ДІВ, значною мірою зумовлює активність радіонуклідів, форма їх застосування, енергія випромінювання та інші фактори. Використання генераторів випромінювання та закритих радіонуклідні ДІВ створює ризик зовнішнього опромінення. Небезпеку, зв'язану з використанням ДІВ, обмежує держава шляхом регулювання безпеки діяльності з ДІВ, яка передбачає: встановлення норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки; надання дозволів на ведення діяльності, зв'язаної з ДІВ; здійснення нагляду за дотриманням вимог та умов наданих дозволів.

На даний час аварія на Чорнобильській АЕС розглядається як джерело пролонгованого опромінення населення. Моніторинг радіоактивності на території України, як і раніше залишається нагальною проблемою санітарноепідеміологічного нагляду. Актуальність цієї проблеми підвищується у зв'язку з розташуванням на території України п'яти атомних електростанцій.

Вимоги щодо організації радіаційного контролю

Радіаційна безпека - це такий стан радіаційно-ядерного об'єкта й оточуючого середовища, який забезпечує не перевищення встановлених лімітів доз, виключає будь-яке невиправдане опромінення та зменшення доз опромінення персоналу і населення нижче встановлених лімітів доз настільки, наскільки це може бути досягнуте й економічно обґрунтоване.

Протирадіаційний захист являє собою комплекс нормативно-правових, проектно-конструкторських, технічних і організаційних заходів, які забезпечують радіаційну безпеку.

Ефективна доза опромінення - розрахункова доза опромінення людини, яка враховує вклади ефектів опромінення різних органів і тканин людини на стан її здоров'я у цілому.

Опромінення - вплив на людину іонізуючого випромінювання, яке може бути зовнішнім опроміненням внаслідок практичної діяльності від

										Лист
										82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

джерел іонізуючого випромінювання поза тілом людини або внутрішнім опроміненням від джерел іонізуючого випромінювання, які знаходяться всередині тіла людини.

Опромінення населення - опромінення, якого зазнає (зазнала) людина від ядерних установок і джерел іонізуючого випромінювання, за винятком професійного і медичного опромінення та опромінення, зумовленого місцевим природним радіаційним фоном.

Згідно із законом України „Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання „ від 26 квітня 2001 року N 2397-III „кожна людина, яка проживає або тимчасово перебуває на території України, має право на захист від впливу іонізуючого випромінювання. Це право забезпечується здійсненням комплексу заходів щодо запобігання впливу іонізуючого випромінювання на організм людини вище встановлених дозових меж опромінення, компенсацією за перевищення встановлених дозових меж опромінення та відшкодуванням шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючого випромінювання. „

Основна дозова межа індивідуального опромінення населення не повинна перевищувати 1 мілізіверта ефективної дози опромінення за рік, при цьому середньорічні ефективні дози опромінення людини, віднесеної до критичної групи, не повинні перевищувати встановлених цією статтею основних дозових меж опромінення незалежно від умов та шляхів формування цих доз.

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, не повинна перевищувати 20 мілізівертів ефективної дози опромінення на рік, при цьому допускається її збільшення до 50 мілізівертів за умови, що середньорічна доза опромінення протягом 5 років не перевищує 20 мілізівертів.

До повноважень місцевих органів виконавчої влади щодо забезпечення захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання належать:

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

- прийняття згідно з законодавством України рішень про застосування на відповідній території заходів втручання у разі радіаційних аварій;
- організація проведення в установленому порядку щорічних обстежень з метою оцінки стану захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання та ведення екологічного паспорта території;
- організація контролю за виконанням заходів щодо захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання, що містяться в будівельних матеріалах;
- погодження планів заходів щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків;
- забезпечення постійної готовності засобів оповіщення населення відповідної території про виникнення радіаційної аварії; організація контролю за виконанням заходів щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків;
- розроблення та впровадження регіональних програм захисту населення від впливу іонізуючого випромінювання.

Регіональна програма захисту населення від впливу іонізуючого випромінювання розробляється згідно з щорічною оцінкою стану захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання на відповідній території і повинна включати такі заходи:

- пошук і виявлення джерел та шляхів, що спричиняють вплив іонізуючого випромінювання на людину;
- реалізація заходів щодо знешкодження джерел і шляхів, що спричиняють вплив іонізуючого випромінювання на людину, та (або) захисту від цього впливу людини;
- впровадження пунктів радіаційного контролю продуктів харчування на ринках і в інших місцях їх масової реалізації;
- організація постів індивідуальних дозиметричних вимірювань згідно з нормативами, визначеними відповідними центральними органами виконавчої влади;

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

віку й стану засобу захисту. Відповідно до СП 2780-80 перевірка засобів індивідуального захисту за умов відсутності зауважень по захисним властивостям засобу проводиться кожні 2 роки. Забраковані засоби захисту до роботи не допускаються. Кожна одиниця захисту повинна мати протокол перевірки із зазначенням дати останньої перевірки, який є єдиним офіційним документом, що дозволяє подальшу експлуатацію засобу захисту від іонізуючого випромінювання.

Джерелом опромінення виробничого персоналу може бути аварія на АЕС, транспортні засоби, що проїжджали по зараженій території. Для контролю опромінення пропонують використовувати наступні прилади: ДП – 24 і ДК – 02.

ДП-24 – комплект дозиметрів, призначених для вимірювання експозиційних доз випромінювання. Діапазон вимірювання 2 – 50 Р/добу. Джерело живлення – два елементи 1,7 МПЦ – У – 10.

У комплект дозиметрів ДП – 24 входять п'ять прямопоказуючих дозиметрів ДКП-50А, зарядний пристрій ЗД-5, футляр, технічна документація. Підготовка комплекту до роботи передбачає зовнішній огляд, перевірку комплектності та зарядку дозиметрів ДКП-50А. Під час огляду потрібно визначити належність дозиметрів до даного комплекту, їх технічну готовність. Для підготовки ДКП-50А до роботи знімають пилезахисний ковпачок дозиметра і ковпачок з гнізда „Заряд” виводиться в напрямку проти руху годинникової стрілки, дозиметр встановлюється в гніздо і легенько притискується до дна гнізда. Спостерігаючи в окуляр і повертаючи ручку „Заряд” в напрямку руху годинникової стрілки потрібно встановити тінь від нитки на нуль шкали дозиметра і встановити на місце пилезахисний ковпачок.

Комплект складають десять дозиметрів ДК – 02 і зарядний пристрій ЗД- 4. Будова ДК – 02 відрізняється від ДКП-50А тільки габаритами.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Замовна специфікація обладнання приведена у таблиці 15.2.

Разом вартість обладнання буде складати 16 358 тис. грн. з врахуванням НДС.

Капітальні вкладення для проекту:

$K = V_{пр} + V_{буд} + V_{обл} - V_{д-Л}$,

де $V_{пр} = 250$ тис. грн. проектні витрати;

$V_{буд} = 27\ 000$ тис. грн. витрати на будівництво;

$V_{обл} = 16\ 358$ тис. грн. витрати на обладнання;

$V_{д} = 0$ вартість металобрухту;

$L = 0$ вартість ліквідованого обладнання;

$K = 250 + 27\ 000 + 16\ 358 = 43\ 608$ тис. грн.

Таблиця 15.2 - Замовна специфікація на обладнання холодильної установки.

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн. шт.	Кіл-сть, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресор	Bitzer HSK6451-50-40P	157	4	628
2	Компресор	Bitzer HSK7451-70-40P	180	4	720
3	Повітроохолоджувачі	Guentner	221	40	8 840
4	Конденсатор	Guentner	362	4	1 448
5	Конденсатор	Guentner	401	4	1 604
6	Лінійний ресивер	Bitzer FS1602	31	4	124
7	Лінійний ресивер	Bitzer FS2202	35	4	140
8	Масловіддільник	Bitzer OA1954	32	8	128
9	Система трубопроводів, арматури та автоматизації	-	20%	1	2 726
Разом					16 358

Використання матеріалів.

Для наповнення системи мастилом Solest 170, потрібно 465л мастила

Витрати на поповнення системи мастилом при ціні на мастила 170 грн./л складатиме:

$$V_{\text{маст}}=465*170=79 \text{ тис. грн.}$$

Холодоагент

Витрати на наповнення системи R507A приймаються у розмірі 70-80% від об'єму ресивера, одноразової заправки холодоагента холодильної машини $1552*0,7=1086$ л.

Холодоагент купується за ціною 195 грн./л.

Витрати на наповнення системи:

$$1086*195 = 221 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на заробітну плату

Заробітну платню робітників, що обслуговують обладнання отримують платню за договором обслуговування. Ремонтна бригада, яка обслуговує обладнання один раз на місяць (обговорено договором). Розмір платні, компанії яка буде обслуговувати спроектований проект, складає 240 тис. грн. на рік.

15.4 Визначення амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування на обладнання становлять 10 %

$$13\ 632 * 0,1 = 1\ 363 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування на будівлі становлять 2%

$$27\ 000 * 0,02 = 540 \text{ тис. грн.}$$

Разом витрати на амортизацію складатимуть

$$1\ 363+540=1903 \text{ тис. грн.}$$

15.5 Інші витрати

Витрати на поточні ремонти складають 10% від амортизаційних витрат

$$V_{\text{поточні}}=1903*0,1= 190 \text{ тис. грн.}$$

									Лист
									94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.00014.2.007.003.ПЗ				

$$\Delta\Pi = C * 2 = 26\,458,8 * 2 = 52\,917,6 \text{ тис. грн.}$$

Чистий грошовий потік (ЧГП) складається з планового чистого (з врахуванням податків 20%) та приросту амортизації по обладнанню та будівлям:

$$\text{ЧГП} = (\Delta\Pi * 0,8) + A = (52\,917,6 * 0,8) + 1903 = 44\,237 \text{ тис. грн.}$$

Чистий приведенний дохід (ЧПД) представляє собою абсолютне порівняння затрат на будівництво холодильника і результатів від його використання.

$$\text{ЧПД} = \sum_{t=1}^7 \frac{\text{ЧГП}}{(1+p)^t} - K \geq 0,$$

де t – період життєвого циклу проекту, приймається на рівні 20 років; p – ставка дисконту, яка характеризує можливий рівень втрат чистих грошових потоків (ЧГП) за період життєвого циклу, приймається на рівні 20%:

$$\begin{aligned} \text{ЧПД} &= \frac{12237}{1,2^1} + \frac{12237}{1,2^2} + \frac{12237}{1,2^3} + \frac{12237}{1,2^4} + \frac{12237}{1,2^5} + \frac{12237}{1,2^6} \\ &+ \frac{12237}{1,2^7} + \frac{12237}{1,2^8} + \frac{12237}{1,2^9} + \frac{12237}{1,2^{10}} - 43608 \\ &= 27491,63 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Так як чистий дохід більше 0 і складає 51099,63 тис. грн. то проект доцільний до виконання

Індекс доходності (ІД) має нормативне значення >1 .

$$\text{ІД} = 51099,63 / 43608 = 1,17$$

Так, як ІД складає 1,17 то це означає, що сумарна дисконтована (змішана) віддача від використання холодильника в 1,2 рази перевищує капітальні вкладення на його створення.

Індекс рентабельності ІР:

$$\text{ІР} = \text{ЧП} / K = 51099,63 * 0,8 / 43608 = 0,937$$

де ЧП – чистий прибуток.

Індекс рентабельності складає 0,937 при нормативному значенні більше 0, тобто рентабельність проекту складає 93,7%.

										Лист
										96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.007.003.ПЗ					

Термін окупності (дисконтований)

$T_d = 43\,608 / 89\,099,63 * 10 = 5$ років

Висновок:

Таким чином враховуючи те, що термін повернення інвестицій знаходиться в межах життєвого циклу проекту (10 років), індекс доходності складає 1,17, тобто більше 1, а чистий приведений дохід величина позитивна і становить 7491,63 тис. грн. за розрахунковий період експлуатації холодильника проект є доцільним до впровадження.

					00.MP.000142.007.003.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

