

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ теплоенергетики та холодильної техніки \_\_\_\_\_

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування \_\_\_\_\_

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Холодильна техніка та технології \_\_\_\_\_

на тему: \_\_\_\_\_ Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_ ХМ-4-11ск \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Коновалов Ілля Юрійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Рябчук Олександр Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергомашинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильна техніка та технології

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 08 ” квітня 2021 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Коновалов Ілля Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава

керівник роботи Рябчук Олександр Миколайович,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 08 ” 04 2021 року №260-к

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2021р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Холодоагент R134a

Тип продукту Овочі «цибуля», «морква», «картопля»

Ізоляційний матеріал ПСБ-С

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. \_\_\_\_\_

2). Розрахунок холодильної частини проекту \_\_\_\_\_

3). Техніко економічні показники \_\_\_\_\_

4). Охорона праці \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника

2. Схема холодильної установки



## Анотація

В данному дипломному проекті був розроблений та спроектований холодильник для зберігання овочів у м. Полтава місткість 850 т. В проекті розроблена холодильна схема та виконаний підбір необхідного холодильного обладнання для умов експлуатації даного холодильника. Використаний холодоагент - R134A.

Підібраний компресори - поршневі, фірми Bitzer.

Розроблений проект має такі позитивні сторони:

1. мінімальний перепад температур між температурою в камері та кипіння, що значно зменшує усушку;
2. відмова від водяного охолодження конденсатора, що приводить до значного зменшення води;
3. холодильник зроблений підвального типу, за рахунок чого зменшено теплонадходження з зовнішнього середовища та відсутня небезпеки підмерзання продукту взимку без додаткового опалення камер.

Також в проекті наведений повний розрахунок та опис технології та холодопостачання під час зберігання продукції в охолодженому вигляді, а також приведений детальний підбір основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

У розрахунковій частині виконано розрахунок площі холодильника, вибрано тип ізоляції та її розрахунок, виконали тепловий розрахунок.

Холодильники, виконані одноповерховими, мають переваги, пов'язані зі зручністю механізації вантажних робіт, такі як:

- шляхи внутрішніх перевезень продуктів – тільки по горизонталі. Це дозволяє повністю механізувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи усередині холодильника;
- можливість будівництва великих камер, вільних від колон. Це дозволяє полегшити і прискорити вантажні роботи усередині камер;
- менші експлуатаційні витрати.

**Холодоагент - R134A; Поршневі компресори Bitzer; Овочесховище місткістю 850 т.; Децентралізована схема холодопостачання.**

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М..			Д	П	1 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
					Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.		

## Зміст

Вступ .....	3
1. Технологічна схема холодильної обробки продукції .....	5
1.1. Технологія зберігання цибулі.....	5
1.2 Технологія зберігання моркви .....	6
1.3 Технологія зберігання картоплі .....	7
1.4 Розрахунок часу охолодження моркви .....	8
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	10
3. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника.....	11
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника .....	14
5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень .....	19
5.1 Теплонадходження через огорожуючі конструкції .....	19
5.2 Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів .....	23
5.3 Теплонадходження при вентиляції приміщення .....	24
5.4 Експлуатаційні тепло надходження.....	25
5.5 Теплонадходження від «дихання» плодів .....	26
6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори .....	27
7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки .....	28
8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини .....	30
9. Вибір теплообмінних апаратів (конденсатор).....	36
10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.....	37
11. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки.....	40
12. Визначення діаметрів трубопроводів та гідравлічних втрат у всмоктувальних мережах.....	60
12.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів .....	60

					<b>00. БКР 142.008.011.ПЗ</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата			
Разраб.	Коновалов І.Ю.				Лит.	Лист	Листів
Керівник	Рябчук О.М..				Д П	1	76
Консульт.					<b>ХМ-4-11СК</b>		
Консульт.							
Затверд.							

Проект овочесховища  
місткістю 850 т у  
м. Полтава.

12.2. Розрахунок гідравлічних втрат на лінії всмоктування.....	63
13. Техніко-економічні показники.....	65
14. Охорона праці .....	69
Список використаної літератури .....	80

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

## Вступ

Сучасний рівень виробництва харчових продуктів характеризується з однієї сторони збільшенням врожайності полів за рахунок введення нових врожайних сортів рослин, селекцією високопродуктивних сортів, хімізацією сільського господарства; з іншого боку - скорочення посівних площ внаслідок будівництва міст, розширення мережі доріг, аеродромів, промислових комплексів, під які найчастіше виділяють кращі землі. Це все відбувається на тлі постійного і швидкого збільшення населення планети. Питання продовольства стає одним з найбільш важливих і гострота рішення цього питання буде зростати.

За даними ООН з 1980 року до 2000 року населення планети збільшилося вдвічі, отже споживання харчових продуктів і матеріальних ресурсів, які йдуть на їхнє виробництво теж збільшилося.

Зараз проблема полягає не в тому, що харчові ресурси вичерпані, а в тому, що втрати продовольства і сільськогосподарської продукції на шляху від полів до столу споживача досягають значних величин. Зараз у світі виробляється близько 4 млрд. тонн харчових продуктів, половина з яких вимагає холодильної обробки, і лише чверть проходить таку обробку. Близько 30% продукції не доходить до споживача.

Тому необхідне створення беззупинного холодильного ланцюжка, що складається з окремих ланок, які забезпечують умови для беззупинної холодильної обробки і збереження швидкопсуючих продуктів на шляху від місць вирощування до місць споживання.

Початковою ланкою холодильного ланцюга є виробничо-заготовчі холодильники, що є складовою частиною харчового підприємства і являють собою самостійні організаційні структури. Робота цих холодильників має винятково сезонний характер і не розрахована на тривале збереження

					00. БКР 142.008.011.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.	Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М..				Д П	3	76
Консульт.						ХМ-4-11СК		
Консульт.								
Затверд.								

продукції, тому обсяг камер не повинен бути дуже великим.

Штучний холод у плодоовочевій промисловості використовують при попередньому охолодженні, транспортуванні, заморожуванні і збереженні плодів і овочів, а також у виробництві і збереженні соків і плодоовочевих консервів.

Сучасні технологічні процеси попереднього охолодження, а саме швидке зниження температури перед транспортуванням і закладкою на збереження, дозволяє продовжити термін холодильного збереження цибулі, картоплі, моркви.

Під час проектування холодильників повинні бути зважені наступні задачі:

- забезпечення високих теплозахисних властивостей конструкцій шляхом використання сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів, герметизацією стиків панелей, дверей, введень труб і кабелів;
- розробка і впровадження прогресивних технологій холодильної обробки, зберігання, і транспортування фруктів та овочів при суворому нормуванні і підтримці температури і вологості на основі раціонального вибору енергозберігаючих систем, інженерного устаткування, у тому числі на базі мікропроцесорної техніки;
- досягнення мінімального питомого обсягу камер (3,5 - 4,5 м<sup>3</sup>/т) шляхом удосконалення об'ємно-планувальних і конструктивних рішень холодильників;
- під час проектування і будівництва повинен бути впроваджений принцип формування холодильників і холодильних комплексів обробки і збереження овочів на основі блокових автономних будівельно-технологічних секцій (модулів) комплектного постачання.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## 1. Технологічна схема холодильної обробки продукції

Овочесховище знаходиться в м. Полтава. Місткість камер зберігання виходячи із завдання 850 тон: цибуля - 250 т, морква - 250 т, картопля - 350 т. Холодозабезпечення здійснюється від децентралізованих фреонових холодильних установок.

Технологічний процес робіт в холодильнику є єдиним комплексом операцій по прийманню, зберіганню протягом нормативного часу і відвантаженню.

У камерах холодильників овочі охолоджують холодним повітрям, що вентиляторами переміщається по замкнутому контурі між камерою й агрегатом для охолодження повітря.

Швидкість охолодження залежить не тільки від часу, температури, і контакту з товаром, а також залежить від застосовуваного методу охолодження овочів. Різні технології охолодження овочевої продукції використовуються, і мають різні можливості для відводу тепла:

### Примусове повітряне охолодження

Ефективність охолодження в холодильних камерах може бути значно підвищена за рахунок збільшення потоку повітря, що обдуває овочі та фрукти. Цей принцип привів до розвитку примусового повітряного охолодження, при якому охоложене повітря звертається з високою швидкістю, завдяки високопродуктивному вентилятору, через, контейнери і бункери з плодоовочевою продукцією, розміщені в спеціальному порядку. Цей метод може прискорити охолодження в чотири рази. У багатьох випадках, холодильні камери можуть бути модернізовані для примусового повітряного охолодження, яке вимагає менших вкладень для модернізації, ніж інші методи попереднього охолодження. Однак, для того, щоб досягти такого швидкого відведення тепла, потужність охолодження приміщення повинна бути достатньою, щоб мати можливість підтримувати бажану температуру повітря під час охолодження.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.	Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М.				ДП	5	76
Консульт.						ХМ-4-11СК		
Консульт.								
Затверд.								

Невеликі, портативні системи примусового повітряного охолодження також досить затребувані з області зберігання продуктів харчування.

Використання будь-якого методу охолодження, в тому числі і примусове повітряне охолодження, вимагає мінімізувати втрати води з продукту. Система охолодження насправді осушує холодне повітря в приміщенні, а водяна пара в повітрі конденсується на випарнику. Ця конденсація знижує відносну вологість у приміщенні. В результаті, продукт втрачає вологу в повітря. Щоб звести до мінімуму втрати води в процесі охолодження та зберігання, відносна вологість навколишнього повітря повинна підтримуватися на рівні рекомендованої для конкретної агрокультури. Примусове повітряне охолодження рекомендується для охолодження більшості фруктів.

З метою підтримки оптимального температурно-вологісного режиму рекомендується максимально обмежити теплоприпливи в камери, скорочувати строки їх завантаження, використовувати тару з рівноважною вологістю, вентилювати камери влітку – в нічні години, взимку – в денні.

Використання для охолодження камер повітроохолоджувачів (з безпосереднім охолодженням) дозволяє усунути зазначені недоліки. Так, при застосуванні повітроохолоджувачів внаслідок інтенсифікації процесу теплообміну потреба в трубах зменшується в кілька разів. Відтавання снігової шуби з поверхні повітроохолоджувачів можна автоматизувати.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Строки завантаження продукції до холодильника наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Період завантаження овочесховища продуктами

Картопля	Цибуля	Морка
25 серпня – 16 вересня	3-17 серпня	2-15 вересня

### 1.1. Технологія зберігання цибулі.

Цибулю напівгострих і солодких сортів зберігають за температури 0 ... 1 °С і відносній вологості повітря 75 - 80%. Розміщують цибулю в тарі (полуконтейнерах, сітчастих і відкритих поліетиленових мішках, встановлених на стоечних піддонах, рейкових ящиках і лотках, розташованих штабелями) або розсипом (навалом) шаром 2,5 ... 4 м при активному вентиляванні.

Ми зберігатимемо цибулю при температурі 0 °С та відносній вологості повітря близько 70% протягом 4...8 місяців (табл. 1.2.). В дерев'яних контейнерах з піддонами розміром 1200\*1000\*900 мм.

Цибуля надходить з поля вже відсортованою і висушеною.

Таблиця 1.2 - Режими зберігання овочів.

№	Назва камери	Температура, °С	Відносна вологість, %	Кратність циркуляції повітря, об/год		Кратність обміну повітря		Тривалість зберігання в холодильнику
				Охолодження	Зберігання	Охолодження	Зберігання	
1	Зберігання цибулі	0	70-75	8-10	примусова 3 м/с	2,5-4 об/год	2,5-4 об/год що 3 доби	4-8 місяців
2	Зберігання картоплі	3...4	85-90	20-30	примусова 3 м/с	1-3 об/год	1 об/год кожні 3 доби	4-8 місяців
3	Зберігання моркви	0	90-95	-	-	-	-	4-6 місяців

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата			
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М.			Д	П	7 / 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.							

## 1.2. Технологія зберігання моркви.

Зберігають коренеплоди моркви в овочесховищах насипом, у штабелях, пірамідах, ящиках і поліетиленових мішках. Потім морква повинна при температурі 10,5 - 14 °С пройти карантин терміном в 2 тижні. Після цього, зіпсовані коренеплоди викидають. Навіть при температурі -1 °С головка коренеплоду підмерзає і потім буде псуватись.

За температури 5 °С коренеплоди починають проростати. Цей процес можна призупинити зниженням в сховищі температури до 0 °С за відносної вологості 90 -5- 95%.

Якщо моркву зберігають в овочесховищі, вона часто зверху мокріє і загниває. Тому овочесховища потрібно систематично провітрювати або коренеплоди вкривати мішковиною, матами. Для зберігання моркви в ящиках на дно насипають вологий пісок (2,5-3 см), на його укладають коренеплоди в кілька шарів і пересипають їх піском. Добре зберігається морква в поліетиленових мішках масою 20, 25 кг.

Мішки не зав'язують, щоб у них не концентрувався вуглекислий газ, і не підвищувалася відносна вологість повітря. Зберігати моркву можна у вузьких (до 1,5 м) невисоких буртах, але такий спосіб зберігання залежить від погодних умов.

У регульованому газовому середовищі щоб як найкраще зберегти моркву, підтримують концентрацію вуглекислого газу в повітрі до 4 %.

Перевагою зберігання моркви в РГС є те що якість продукції підтримується на такому рівні, яка була при закладанні її на зберігання.

Температуру й відносну вологість повітря контролюють щодоби (на початку зберігання двічі на добу) за допомогою термометрів і психрометрів, їх розміщують внизу на висоті 0,2 м від підлоги, всередині штабелю чи насипу, недалеко від дверей чи охолоджувальних батарей, по всій висоті насипу (не менше одного вимірювання на 1 м висоти).

Приймаємо що моркву будемо зберігати в дерев'яних контейнерах з піддонами розміром 1200x1000x900 мм за параметрів повітря вказаних у табл. 1.2..

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

### 1.3. Технологія зберігання картоплі.

Сьогодні існує два основних типи зберігання: 1) Зберігання насипом столової, насінної картоплі та картоплі для переробки на крохмаль; 2) Зберігання в контейнерах чи сітчастих мішках насінної та столової картоплі.

Зберігання насипом виконується за рахунок повітря, яке подається з камери тиску в підпідлогові або надпідлогові повітропроводи, а звідти проходить через товщу продукту. Картопля на споживання не має зберігатись в насипі вище 4 м, тоді як максимальна висота насипу для насінної картоплі не має перевищувати висоту 3 м. Якщо висота насипу перевищить рекомендовану, то всередині насипу температура буде підвищеною, а на нижній шар картоплі буде створюватись певний тиск, що призведе до утворення плям на бульбі.

Оптимальною температурою період зберігання є 1.5 - 2 °С для ранньостиглих, близько 3 - 4 °С для середньостиглих і 5 - 6 °С для пізньостиглих сортів за відносної вологості повітря 85- 95 %.

Зберігання в контейнерах має деякі переваги в порівнянні із зберіганням насипом. До них відносяться легкість розділення продукції

по видам та сортам та зручний доступ до партій цієї продукції. При контейнерному зберіганні швидше проходить просушування та охолодження картоплі, ніж при зберіганні насипом, зменшується вірогідність розповсюдження захворювань під час зберігання. Так як висота картоплі в контейнері рівна 1 м, то зменшується тиск та різниця температур між бульбами є мінімальною. Однак всі ці переваги існують тільки при добре спроектованій системі розподілення повітря, правильно розробленій системі зберігання та типі контейнерів.

Приймаємо що картоплю будемо зберігати в дерев'яних контейнерах з піддонами розміром 1200x1000x900 мм за параметрів повітря вказаних у табл. 1.2..

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

#### 1.4. Розрахунок часу охолодження моркви.

Розрахунок часу охолодження моркви яка упакована в сітчасті мішки на піддонах проводимо як для продукції в контейнерах розміром 1200x1000x900 мм.

Приймаємо наступні параметри повітря в камері зберігання:

$V_{\text{пов.}}$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості становить  $V_{\text{пов.}} = 13,99 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;

$W_{\text{пов.}} = 9.5$  швидкість повітря;

$\alpha_{\text{пов.}} = 0,0241 \text{ Вт}/(\text{м} * \text{К})$  - коефіцієнт теплопровідності повітря.

За визначальний розмір приймаємо половину висоти найменшої сторони ящика  $d_{\text{пр}} - 450 \text{ мм}$ .

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = W_{\text{пов.}} * d_{\text{пр}} / V_{\text{пов.}} = 16082,9.$$

Розраховуємо число Нусельта:

$$Nu = 0,17 * Re^{0,7} = 0,17 * 16\ 08\ 2,9^{0,7} = 149,6$$

Відповідно коефіцієнт тепловіддачі становить:

$$\alpha_{\text{нов.}} = Nu * \alpha_{\text{пов.}} / d_{\text{пр}} = 149,6 * 0,0241 / 0,45 = 8 \text{ Вт}/\text{м}^2 * \text{К}$$

Приймаємо коефіцієнт теплопровідності продукту (моркви) при температурі  $0^\circ\text{C}$  рівним  $\alpha_{\text{пр.}} = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} * \text{К})$ ; питома теплоємність продукту

$C_{\text{пр.}} = 3,91 \text{ кДж}/(\text{кг} * \text{К})$ ; густина продукту  $\rho_{\text{пр}} = 1040 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; коефіцієнт температуропровідності  $\alpha_{\text{пр}} = 14,7 * 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Число Біо:

$$Bi = \alpha * R / \alpha_{\text{пр.}} = 8 * 0,45 / 0,6 = 6.$$

Визначаємо час за який температура на поверхні продукту з початкової  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  дорівнюватиме кінцевій  $t_{\text{н,х}} = 1^\circ\text{C}$ .

Безрозмірна температура на поверхні моркви в кінці охолодження:

$$O_R = t_{\text{пов.}} - t_{\text{кам.}} / t_0 - t_{\text{кам.}} = 1 - 0 / 10 - 0 = 0,1$$

За графіком безрозмірної температури на поверхні знаходимо число Фур'є  $F_0 = 0,5$ .

Тоді час термообробки складає:

$$\tau = F_0 * R_2 / \alpha_{\text{пр.}} = 0,5 * 0,45^2 / 14,7 * 10^{-8} = 688775,5 \text{ с} = 191,33 \text{ год.}$$

Що становить 7,97 діб.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

## 2. Техніко-економічне обґрунтування

Згідно з завданням дипломного проекту ми проектуємо овочесховище місткістю 850 тонн у місті Полтава.

Полтавська область має природні та кліматичні умови сприятливі для інтенсивного високоефективного розвитку сільського господарства. Сільське господарство - друга за обсягами та перша по зайнятості трудових ресурсів галузь матеріального виробництва.

Така кількість плодо-овочевої продукції створює велику потребу в її збереженні для продовження термінів реалізації та підвищення отримуваних прибутків, що є ідеальними умовами для створення овочесховищ, які працюють в умовах регульованого газового середовища.

Холодоагент - R134A. Схема холодопостачання - децентралізована з безпосереднім кипінням. Тип холодильної установки - фреонова, одноступенева, на одну температуру кипіння. Компресори - поршневі, фірми Bitzer. Повітроохолодники фірми Goedhard.

Використання фреонових холодильних установок дало змогу зменшити займану площу холодильника, і в свою чергу зменшити капітальні затрати на будівництво. Також для зменшення експлуатаційних витрат прийнято до використання будівлю підвального типу з несучими залізобетонними стінами та утеплювачем із пінополіуретану.

Режим зберігання охолоджених продуктів рослинного походження повинен забезпечувати умови для їх життєздатності, зумовлені природним імунітетом, при максимальному зниженні інтенсивності біохімічних процесів і пригніченні розвитку мікрофлори. Попереднє охолодження кісточкових плодів рекомендується проводити нетривалий час.

Температуру, відносну вологість повітря і швидкість його руху контролюють протягом усього періоду зберігання.

У камерах зберігання охолоджених продуктів підтримуємо температуру близько 0 °С і відносну вологість 90-95%.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.	Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М..				Д П	11	76
Консульт.						ХМ-4-11СК		
Консульт.								
Затверд.								

### 3. Визначення основних розмірів та планування приміщень

#### ХОЛОДИЛЬНИКА

Місткість спеціалізованих холодильників для овочів визначають з прийнятих розрахункових величин:

1. морква - 0,36 т продукції на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму;
2. картопля - 0,53 т продукції на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму;
3. цибуля - 0,38 т продукції на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму.

Приймаємо що камери попереднього охолодження є камерами основного зберігання.

Оскільки наш холодильник вміщує лише 850 т продукції, то до його складу входять: головний корпус, що включає охолоджуваний склад з теплоізоляційними зовнішніми огороженнями та площадки з встановленими холодильними машинами, які огорожені сіткою та мають навіс. Холодильник є підвальним приміщенням, а площадки з холодильними машинами встановлено біля стін холодильника або на його даху.

В якості автомобільної платформи використовуємо пересувну мобільну платформу.

Холодильник проектуємо одноповерховим. Планування усередині охолоджуваного складу вибираю за типом: з одним внутрішнім коридором. У холодильнику такого типу двері холодильних камер виходять у коридор і тому не контактують з зовнішнім повітрям.

Таке планування у сучасній практиці проектування найбільш поширене. Перевага полягає в зменшених теплопритоках у камери при відкритті дверей, а недолік - в більшій довжині шляху від входу до камер і в меншій ступені використання будівельної площі для розміщення вантажів.

Вантажі доставляються до холодильника тракторами з полів, а з холодильника транспортують до споживача ізотермічними вантажівками.

Проектуємо холодильник з несучими стінами та будівельною сіткою 6 x18 м, висота камер - 6,4 м. Ширину вантажних коридорів приймаємо 6 м. Висоту складування продукту - 5,4 м (контейнери в 6 ярусів).

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Визначаємо необхідну площу основних камер:

а) камери зберігання моркви за формулою (7,2) [1]:

$$F_{к.з.моркви} = B_k / q_v * h_{зр} * b = 250 / 0,36 * 5,4 * 0,73 = 105,7 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників становить:

$$n = F_{стп} / f_{стп} = 105,7 / 108 = 0,98$$

Приймаємо 1 прямокутник.

в) Камери зберігання картоплі:

$$F_{к.з.цибулі} = B_k / q_v * h_{зр} * b = 250 / 0,38 * 5,4 * 0,73 = 100,14 \text{ м}^2$$

$$n = F_{стп} / f_{стп} = 100,4 / 108 = 0,93$$

Приймаємо 1 прямокутник.

в) Камери зберігання картоплі:

$$F_{к.з.картоплі} = B_k / q_v * h_{зр} * b = 350 / 0,38 * 5,4 * 0,73 = 143,6 \text{ м}^2$$

$$n = F_{стп} / f_{стп} = 143,4 / 108 = 1,33$$

Приймаємо 1,3333 прямокутника (6х24 м).

Розрахунок площ службових та машинних відділень не проводимо оскільки вони проектом не передбачені.

Розробляємо план холодильника який наведено на рис. 3.1..

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

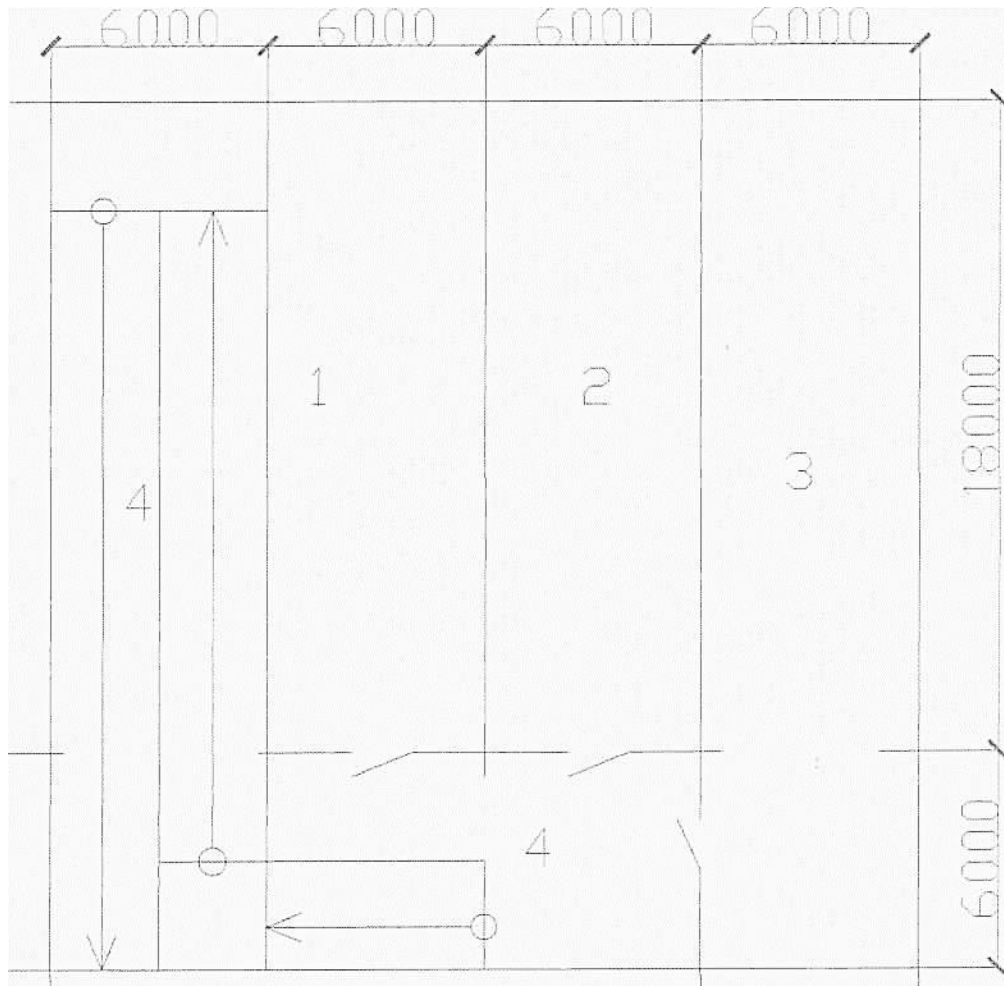


Рис. 3.1. - План холодильника що розробляється:

- 1 - камера для зберігання моркви; 2 - камера для зберігання цибулі;  
 3 - камера для зберігання картоплі; 4 - коридор.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

00. БКР 142.008.011.ПЗ

Лист

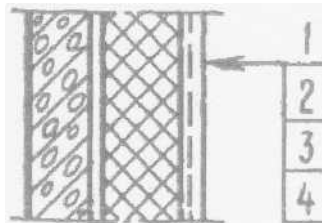
14

#### 4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Структура огорожувальних конструкцій холодильника вказана в табл.

4.1. починаючи з внутрішньої сторони. Оскільки стіни холодильника є несучими, то товщини основних несучих матеріалів є однаковими для всіх огорож.

Таблиця 4.1. - Структура стін.



Назва шару	Товщина б, м	Коефіцієнт теплопровідності X, Вт/(М-К)	Термічний опір Ш, (м <sup>2</sup> - К)/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,02	0,98	0,020
2. Теплоізоляція 3 ПСБ-С	-	0,035	-
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	0,013
4. Залізобетонні фундаментні блоки	0,6	1,86	0,32
Загальний термічний опір			0,35

Середньорічна температура зовнішнього повітря для м. Полтава становить 7,0°C.

Зовнішні стіни камер зберігання 0 4 °С):

Значення коефіцієнта теплопередачі для зовнішньої огорожі ізоляції камери з  $t_{в}=0^{\circ}\text{C}$  холодильника  $k_{o}^{TP} = 0,41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$  відповідно табл.8.3 [1]. Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1. [1]:  $a_{в} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$ .

Необхідна товщину теплоізолюючого шару:

$$b_{i3}^{mp} = a_{i3} ( 1/k_{o}^{mp} - ( b_i / a_i + 1/a_{в} ) )$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Коновалов І.Ю.				Лит.	Лист	Листів
Керівник	Рябчук О.М.				Д П	15	76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
					Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.		

$$b_{iz}^{mp} = 0,035 * ( 1 / 0,41 - (0,35 + 1/9)) = 0,069 \text{ м.}$$

Округлюємо до більшого значення типорозміру 70 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^d = 1 / (b_i / a_i + 1 / a_e) + a_{iz.д.} / a_{iz} = \\ = 1 / (0,35 + 1/9) + 0,07 / 0,035 = 0,406 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Стіни камер зберігання ( $t_{кам} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) що контактують з коридором:

Значення коефіцієнта теплопередачі для зовнішньої огорожі ізоляції камери з  $t_B = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  холодильника  $k_o^{TP} = 0,456 \text{ Вт/(м}^2\text{*К)}$  відповідно табл.8.3 [1]. Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1. [1]:  $a_e = 9 \text{ Вт/(м}^2 \text{* К)}$ ,  $a_z = 8 \text{ Вт/(м}^2 \text{* К)}$ .

Необхідна товщину теплоізолюючого шару:

$$b_{iz}^{mp} = 0,035 * ( 1 / 0,456 - (1/8 + 0,35 + 1/9)) = 0,058 \text{ м.}$$

Округлюємо до більшого значення типорозміру 60 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^d = 1 / (1/8 + 0,35 + 1/9) + 0,06 / 0,035 = 0,438 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Стіни камер зберігання ( $t_{ям} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ ) що контактують з коридором:

Значення коефіцієнта теплопередачі для зовнішньої огорожі ізоляції камери з  $t_B = 4 \text{ }^\circ\text{C}$  холодильника  $k^{TP} = 0,52 \text{ Вт/(м}^2\text{*К)}$  відповідно табл.8.3 [1]. Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1. [1]:  $a_e = 9 \text{ Вт/(м}^2 \text{* К)}$ ,  $a_z = 8 \text{ Вт/(м}^2 \text{* К)}$ .

Необхідна товщину теплоізолюючого шару:

$$b_{iz}^{mp} = 0,035 * ( 1 / 0,52 - (1/8 + 0,35 + 1/9)) = 0,048 \text{ м.}$$

Округлюємо до більшого значення типорозміру 50 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_0^d = 1 / (1/8 + 0,35 + 1/9) + 0,05 / 0,035 = 0,497 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Перегородки між камерами.

Стіна між камерою зберігання з  $t_{кам} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  та камерою з  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Значення коефіцієнта теплопередачі  $\kappa_0^{TP} = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$  відповідно табл.8.4 [1]. Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1. [1]:

$$a_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К}), a_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К}).$$

Необхідна товщину теплоізолюючого шару:

$$b_{iz}^{mp} = 0,035 * (1 / 0,58 - (1/9 + 0,35 + 1/9)) = 0,404 \text{ м}.$$

Підбираю товщину 50 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$\kappa_0^d = 1 / (1/8 + 0,35 + 1/9) + 0,05/0,035 = 0,498 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$$

Стіна між камерою зберігання з  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  та камерою з  $t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$

Значення коефіцієнта теплопередачі  $\kappa_0^{TP} = 0,525 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$  відповідно табл.8.4 [1].

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1. [1]:

$$a_e = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К}), a_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К}).$$

Необхідна товщину теплоізолюючого шару:

$$b_{iz}^{mp} = 0,035 * (1 / 0,525 - (1/9 + 0,35 + 1/9)) = 0,048 \text{ м}.$$

Підбираю - 50 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$\kappa_0^d = 1 / (1/9 + 0,35 + 1/9) + 0,05/0,035 = 0,498 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Теплоізоляції підлоги в холодильнику не передбачаємо, оскільки мінімальна можлива температура в камерах  $t_{\text{кам}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Теплоізоляція покрівлі камер з  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

Значення коефіцієнта теплопередачі покриття  $\kappa_0^{TP} = 0,37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$ . Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо рівними  $a_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$ ;  $a_b = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$ . Структура покрівлі та розрахунок сумарного термічного опору наведено у табл. 4.2..

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Таблиця 4.2. - Структура покрівлі.

Назва шару	Товщина $\delta$ , м	Коефіцієнт теплопровідності $a$ , Вт/(м * К)	Термічний опір $K$ , (м <sup>2</sup> *К)/Вт
1. 5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0,013	0,3	0,04
2. Стяжка з бетону по металевій сітці	0,04	1,86	0,023
3. Пароізоляція (пергамін)	0,001	0,15	Не враховуємо
4. Теплоізоляція з ПСБ-С	-	0,035	-
5. Залізобетонна плита	0,035	2,05	0,016
Загальний термічний опір			0,078

Необхідна товщина теплоізолюючого шару:

$$\delta_{iz}^{mp} = 0,035 * (1 / 0,37 - (1/23 + 0,79 + 1/6)) = 0,085 \text{ м.}$$

Округлюємо до більшого значення типорозміру - 90 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_0^{\partial} = 1 / (1/23 + 0,79 + 1/6) + 0,09/0,035 = 0,35 \text{ Вт/м}^2$$

Теплоізоляція покрівлі камер з  $t = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Значення коефіцієнта теплопередачі покриття  $k_0^{TP} = 0,42 \text{ Вт/(м}^2 * \text{К)}$ .

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо рівними  $a_n = 23 \text{ Вт/(м}^2 * \text{К)}$ ;  $a_b = 6$

Вт/(м<sup>2</sup>\*К). Структура покрівлі та розрахунок сумарного термічного опору наведено у табл. 4.2..

Необхідна товщина теплоізолюючого шару:

$$\delta_{iz}^{mp} = 0,035 * (1/0,42 - (1/23 + 0,079 + 1/6)) = 0,074 \text{ м.}$$

Округлюємо до більшого значення типорозміру – 80 мм.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^{\partial} = 1/(1/23 + 0,079 + 1/6) + 0,08/0,035 = 0,39 \text{ Вт/м}^2\text{К}.$$

Результати розрахунку заносимо до табл. 4.3..

Таблиця 4.3. – Результати розрахунку товщини теплоізоляції.

аз, Вт	$a_{\text{в}}$ Вт/(м <sup>2</sup> *К)	Товщина теплоізоляційного шару, мм		Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м <sup>2</sup> К)		Огородження	t <sub>в</sub> , °С
-	9	69	70	0,41	0,405	Зовнішні стіни камер	0-4
8	9	57	60	0,455	0,436	Стіни камер зберігання моркви та цибулі що контактують з коридором	0
8	9	47	50	0,51	0,495	Стіна камери зберігання картоплі що контактує з коридором	4
9	9	40,3	50	0,57	0,498	Перегородка між камерами цибулі та моркви	0
9	9	47	50	0,524	0,498	Перегородка між камерами цибулі та картоплі	0
-	-	-	-	-	-	Підлога	=
23	6	84	90	0,36	0,35	Покриття камер цибулі та моркви	0
23	6	73	80	0,43	0,38	Покриття камери картоплі	4

## 5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Розрахунок проводимо для кожної камери окремо.

Початковими даними для розрахунку є план холодильника (рис. 3.1.), значення коефіцієнтів теплопередачі будівельно-ізоляційних конструкцій (табл. 4.3.), температура та вологість в камерах (табл. 1.2.), зовнішнього повітря, температура та кількість вантажів що надходять до камер.

### 5.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції.

$Q_1$ , визначаємо як суму теплонадходжень (через стіни, перегородки, перекриття або покриття, через підлоги тощо), викликаних наявністю різниці температур зовні огороження й усередині охолоджуваного приміщення  $Q_{1T}$ , а також теплонадходжень в наслідок впливу сонячної радіації  $Q_{1c}$  через покриття:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}$$

Теплонадходження через стіни, перегородки, перекриття або покриття  $Q_{1T}$  (кВт) розраховуємо за формулою:

$$Q_{1T} = \kappa_d \cdot F \cdot \Theta = k_d \cdot F \cdot (t_H - t_\epsilon)$$

де  $\kappa_d$  - дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, визначений при розрахунку товщини ізоляційного шару, Вт/(м<sup>2</sup> \* К);  $F$  - розрахункова площа поверхонь огорожувальних конструкцій, м<sup>2</sup>;  $\Theta$  - розрахункова різниця температур (температурний напір), °С;  $t_H$  - розрахункова температура повітря з зовнішньої сторони огороження, °С;  $t_\epsilon$  - розрахункова температура повітря усередині охолоджуваного приміщення, °С.

Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни і покриття холодильників  $Q_{1c}$  (кВт) визначаємо за формулою:

$$Q_{1c} = \kappa_d \cdot F \cdot t_c,$$

де  $\kappa_d$  - дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м<sup>2</sup> \* К);

$t_c$  - надлишкова різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації, °С.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М.			Д	П	20 / 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
					Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.		

Кількість теплоти від сонячної радіації залежить від зони розташування холодильника (географічної широти), характеру поверхні й орієнтації її по сторонам світу.

Параметри зовнішнього повітря для міста Полтава приймаємо: середньорічна температура  $t_{cr} = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ ; розрахункова максимальна температура кінця серпня - початку вересня складає  $+31 \text{ }^\circ\text{C}$ ; мінімальна розрахункова температура в січні-грудні  $-22 \text{ }^\circ\text{C}$ ; розрахункова літня відносна вологість повітря 48%.

Розрахунок тепло надходжень до камер зберігання проводимо лише на літній режим. На зимовий режим роботи холодильника розрахунок не проводимо. Це пояснюється тим що холодильник підвального типу і площа покриття, яка контактує з вулицею взимку, в порівнянні з іншими поверхнями є незначною.

**Камера №1** (зберігання моркви) з температурою в камері  $t_{вн} = 0^\circ\text{C}$ .

Західна та південна стіни:  $k_d = 0,437 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , температурний напір приймаємо з коефіцієнтом 0,7, як для приміщень що контактують з зовнішнім повітрям.

$$Q_{1T} = k_d * (F_1 + F_2) * \Theta = 0,437 * ((18 + 6) * 6,4) - (0,7 * (31 - 0)) = 1,45 \text{ кВт}$$

Східна стіна:  $k_d = 0,499 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$ , температурний напір приймаємо з 0.  
Відповідно:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт.}$$

Північна стіни. Стіна повністю занурена в землю, тому розрахунок тепло надходжень проводимо за рис. 5.1. та коефіцієнтами теплопередачі за відповідними зонами.

Визначаємо коефіцієнт  $m$ , що враховує відносне зростання термічного опору стіни за наявності ізоляції:

$$m = 1/1,25 * (\delta_1/a_1 + \dots + \delta_n/a_n) + 1 = 1/1,25 * (0,02/0,98 + 0,07/0,035 + 0,004/0,3 + 0,6/1,86) + 1 = 0,254$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

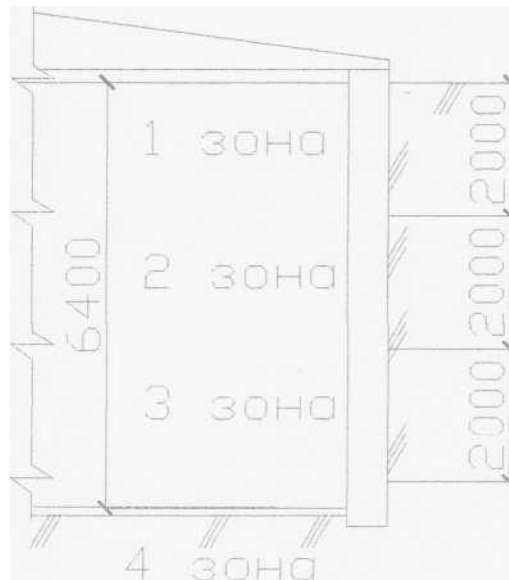


Рис. 5.1. - Схема розрахунку теплонадходжень до підвальных камер

Тоді тепло надходження дорівнюють:

$$Q = (0,47 - (2 - 6) - 0,253 - (31 - 0)) + (0,23 - (2 - 6) - 0,253 - (31 - 0)) +$$

$$+ (0,12 * (2 * 6) * 0,253 - (31 - 0)) + (0,07 * (2 * 0,4) * 0,253 - (31 - 0)) = 0,078 \text{ кВт}$$

Покрівля  $\kappa_{\partial} = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$ , покриття покрівлі виконано з темних матеріалів тому  $t_c = 17,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q_{1T} = 0,35 - (18 - 6) - (31 - 0) = 1,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = \kappa - F - t_c = 0,35 - 18 - 6 - 17,7 = 0,67 \text{ кВт}$$

Загальні тепло надходження через покрівлю становлять:

$$Q_1 = 1,17 + 0,67 = 1,85 \text{ кВт}$$

Підлога:  $\kappa_{\partial} = 0,07 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$  як для підлог що знаходяться на ґрунті в 4 зоні, коефіцієнт  $m=1$  оскільки теплоізоляції підлоги не існує.

$$Q_{1T} = 0,07 - (18 - 6) - (31 - 0) - 1 = 0,24 \text{ кВт}$$

Сумарні теплонадходження до камери №1:

$$Q_1 = 1,85 + 0,24 + 0,078 + 1,46 + 0 = 3,62 \text{ кВт.}$$

**Камера №2** (зберігання цибулі) з температурою в камері  $t_{вн} = 0^{\circ}\text{C}$ .

Південна стіни:  $k_d = 0,437 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , температурний напір приймаємо з коефіцієнтом 0,7, як для приміщень що контактують з зовнішнім повітрям.

$$Q_{1T} = k_d * F_1 * \Theta = 0,437 * (6 * 6,4) * (0,7 - (31 - 0)) = 0,36 \text{ кВт}$$

Західна стіна:  $k_d = 0,499 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ), температурний напір приймаємо з 0.

Відповідно:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт.}$$

Східна стіни:  $k_d = 0,499 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

$$Q_{1T} = 0,499 - (18 - 6,4) * (4 - 0) = 0,23 \text{ кВт}$$

Північна стіни. Розрахунок повністю аналогічне камері зберігання моркви.

$$Q_{1T} = (0,47 * (2 * 6) * 0,253 - (31 - 0)) + (0,23 * (2 * 6) * 0,253 * (31 - 0)) + \\ + (0,12 * (2 * 6) * 0,253 - (31 - 0)) + (0,07 * (2 * 0,4) * 0,253 - (31 - 0)) = 0,078 \text{ кВт}$$

Розрахунок покрівлі аналогічне камері зберігання моркви, тоді загальні теплонадходження через покрівлю становлять:

$$Q_1 = 1,17 + 0,67 = 1,85 \text{ кВт.}$$

Розрахунок підлоги виконується аналогічно камері зберігання моркви, тоді загальні теплонадходження становлять:

$$Q_{1T} = 0,07 - (18 - 6) - (31 - 0) - 1 = 0,24 \text{ кВт}$$

Сумарні теплонадходження до камери №2:

$$Q_1 = 1,84 + 0,23 + 0,078 + 0,36 + 0,23 + 0 = 2,74 \text{ кВт}$$

**Камера №3** (зберігання картоплі) з температурою в камері  $t_{вн} = 4^{\circ}\text{C}$ .

Західна стіна що контактує з камерою №2:  $k_d = 0,499 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ).

$$Q_{1T} = 0,499 - (18 - 6,4) * (0 - 4) = - 0,23 \text{ кВт}$$

Західна стіна що контактує з коридором:  $k_d = 0,496 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , температурний напір приймаємо з коефіцієнтом 0,7, як для приміщень що контактують з зовнішнім повітрям.

$$Q_{1T} = 0,496 * (6 * 6,4) * (0,7 - (31 - 4)) = 0,36 \text{ кВт}$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Східна, південна та північна стіни повністю занурені в землю, тому розрахунок тепло надходжень проводимо за рис. 5.1. та коефіцієнтами теплопередачі за відповідними зонами.

Коефіцієнт  $m$  аналогічен попереднім розрахункам і становить 0,253.

Тоді теплонадходження дорівнюють:

$$Q_{1T} = (0,47 * (2 * (6 + 6 + 18))) * 0,253 - (31-4)) + (0,23 * (2 * (6 + 6 + 18))) * 0,253 - (31-4)) + (0,12 - (2 - (6 + 6 + 18)) - 0,253 - (31-4)) + (0,07 - ((6 + 6 + 18) - 0,4) - 0,253 - (31-4)) = 0,34$$

Покрівля:  $k_d = 0,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , покриття покрівлі виконано з темних матеріалів тому  $t_c = 17,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q_{1T} = 0,39 * (24 * 6) * (31 - 4) = 1,53 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = k - F - t_c = 0,39 - 24 - 6 - 17,7 = 0,99 \text{ кВт}$$

Загальні тепло надходження через покрівлю становлять:

$$Q_1 = 1,52 + 0,99 = 2,51 \text{ кВт}$$

Підлога:  $k_d = 0,07 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  як для підлог що знаходяться на ґрунті в 4 зоні, коефіцієнт  $\alpha = 1$  оскільки теплоізоляції підлоги не існує.

$$Q_{1T} = 0,07 - (24 - 6) - (31 - 4) - 1 = 0,26 \text{ кВт}$$

Сумарні теплонадходження до камери №3:

$$Q_i = -0,23 + 0,36 + 0,34 + 2,51 + 0,27 = 3,25 \text{ кВт}$$

## 5.2. Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів

Розраховуємо теплонадходження при термічній обробці продуктів за формулою:

$$Q_2 = Q_{2n} + Q_{2T}, \text{ Вт}$$

де,  $Q_{2n}$  - теплоприток від продуктів, Вт;  $Q_{2T}$  - теплоприток від тари, Вт.

Розраховуємо теплопритоки при охолодженні за формулою:

$$Q_{2n} = M_{np} * c_{np} * (t_n - t_{кам}) * 10^3 / 24 * 3600;$$

де  $M_{np}$  - добове надходження продуктів, т (для моркви 12,5 т/добу, для цибулі - 12,5 т/добу, для картоплі - 12,5 т/добу);  $c_{np}$  - теплоємність продукту

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

кДж/(кгК);  $t_n$  - початкова температура продукту при надходженні в камеру;  
 $t_{кам}$  - кінцева температура продукту (температура в камері).

Теплонадходження від тари  $Q_{2т}$ , кВт:

$10^3$

$$Q_{2Т} = M_T * C_T * (t_n - t_{кам}) * 10^3 / 24 * 3600, \text{ кВт};$$

де  $M_m$  - добове надходження тари (20% від маси вантажу), т/добу;  $c_m$  -  
 питома теплоємність тари, кДж/(кг-К)  $c_T = 2,3$  кДж/(кг-К)

Розрахунок за наведеними формулами проводимо в табл. 5.1..

Таблиця 5.1. - Теплонадходження від продуктів

№ камери	Температура, °C		Теплоємність продукту $c_{пр}$ , кДж/(кгК)	Теплоємність тари $c_T$ , кДж/(кгК)	Добове надходження продукту $M_{пр}$ , т	Добове надходження тари $M_T$ , т	$Q_{in}$ , кВт	$Q_{2т}$ , кВт	$Q_2$ , кВт
	$t_n$	чим							
№1	10	0	3,91	2,3	12,5	2,5	5,65	0,68	6,34
№3	20	4	3,49				8,07	1,07	9,15
№2	20	0	3,84				11,12	1,34	12,45

### 5.3. Теплонадходження при вентиляції приміщення.

$$Q_3 = M_{пов} * (h_{зоа} - h_{кам}), \text{ кВт};$$

де  $M_{пов}$  - масова витрата вентиляційного повітря, кг/с;  $h_{зоа}$ ,  $h_{вн}$  - питомі  
 ентальпії зовнішнього повітря та повітря в камері, кДж/кг.

$$M_{пов} = V_k * a * \rho_{пов} / 24 * 3600, \text{ кг/с};$$

де,  $V_k$  - об'єм вентиляованого приміщення, м<sup>3</sup>;  $a$  - кратність повітрообміну;  
 $\rho_{пов}$  - густина повітря при температурі та відносній вологості повітря в камері,  
 кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок за наведеними формулами проводимо в табл. 5.2..

Так як морква зберігається в камері з РГС, а в камерах РГС вентиляції немає  
 то і теплопритоків від вентиляції в цій камері не буде.

Таблиця 5.2. - Теплонадходження при вентиляції

№ камери	Температура, °С		Відносна вологість повітря, %		Ентальпія повітря		Кратність повітрообміну а	Густина повітря в камері рпов, кг/м <sup>3</sup>	Об'єм камери Vк, м <sup>3</sup>	Мпов, кг/с	Qз, кВт
	tзов	tкам	φзов	φкам	hзов	hкам					
№3	31	4	48	90	66	15,5	3	1,29	921,6	0,041	2,08
№2		0		70		7					

#### 5.4. Експлуатаційні тепло надходження.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \text{ кВт},$$

де,  $q_1, q_2, q_3, q_4$  - надходження теплоти відповідно від освітлення, перебування людей, працюючих електродвигунів та відчинення дверей.

Теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A * F * 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де,  $A$  - теплота, яка виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги, Вт/м<sup>2</sup> (приймаємо  $A=2,3$  Вт/м<sup>2</sup>);  $F$ -площа камери, м<sup>2</sup>.

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 * n, \text{ кВт}$$

де 0,35 - тепловиділення однієї людини, кВт;  $n$  - кількість людей, які працюють в даному приміщенні(2 людини).

$$q_2 = 0,35 * 2 = 0,7 \text{ кВт}$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів приймаємо:

$$q_2 = 0,35 * 2 = 0,7 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = K * F * 10^{-3},$$

де,  $K$  - питома надходження теплоти від відкривання дверей, Вт/м<sup>2</sup> (приймаємо  $K=5$  Вт/м<sup>2</sup> [1]);  $F$ - площа камери, м<sup>2</sup>.

Розрахунок за наведеними формулами проводимо в табл. 5.3..

Таблиця 5.3. - Експлуатаційні теплонадходження

№ камери	F, м	Яі,Вт	Яг, Вт	Яз,	q <sub>4</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> ,
№1	108	248,4	700	4	540	5,49 .
№2	108	248,4	700	4	540	5,49
№3	144	331,2	700	4	720	5,75

### 5.5. Теплонадходження від «дихання» плодів.

Камера №1 (зберігання моркви):

$$Q_5 = V_k * (0,1 * q_n + 0,9 * q_{36}) * 10^{-3}, \text{кВт};$$

де,  $V_k$  - місткість камери,т;  $q_n, q_{36}$  - тепловиділення від плодів при диханні за температур надходження та зберігання (додаток 8[ 1 ]), Вт/т.

Розрахунок за наведеними формулами проводимо в табл. 5.4..

Таблиця 5.4. - Експлуатаційні теплонадходження

№ камери	Загальна місткість камери $V_k, \text{т}$	$q_n, \text{Вт/т}$	$q_{36}, \text{Вт/т}$	$q_5, \text{кВт}$
№1	125	44	28	3,7
№2	125	58	20	2,98
№3	250	44	24	6,5

## 6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори

Правильно вибраний температурний режим роботи холодильної установки визначає її ефективність та економічність.

На холодильниках для овочів слід враховувати, що навантаження в період збору овочів, зв'язана з їх охолодженням, значно більше, ніж при тривалому зберіганні, для якого  $Q_{2\text{км}} = 0$ . Теплопритоки від повітря при вентиляції  $Q_3$  і від овочів при "диханні"  $Q_5$ , характерні для овочесховищ враховують повністю.

За результатами розрахунку в 5 створюємо табл. 6.1. в якій зазначені всі теплонадходження до камер.

Таблиця 6.1. - Навантаження на холодильне обладнання

№ камери	$Q_1$ , кВт	$Q_2$ , кВт	$Q_3$ , кВт	$Q_4$ , кВт	$Q_5$ , кВт	$Q_0$ , кВт	$1,3*Q_0$ , кВт
№1	3,61	6,33	»	5,49	3,7	19,13	24,89
№2	2,74	12,44	1,83	5,49	2,98	25,48	33,14
№3	3,25	9,14	2,08	5,75	6,5	26,72	34,75

Навантаження на компресори приймаємо рівними навантаженню на камерне обладнання, оскільки холодозабезпечення холодильника прийнято децентралізоване.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Коновалов І.Ю.				Лит.	Лист	Листів
Керівник	Рябчук О.М.				Д	П	28 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.							

## 7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

В даному випадку приймаємо децентралізовану систему охолодження з безпосереднім прямим розширенням холодоагенту у приладах охолодження.

За робочий холодильний агент приймаємо R134a. Він є одним з найбільш нешкідливих і безпечних холодоагентів для навколишнього середовища. Він вважається екологічно безпечним і озоноберегаючим фреоном.

Має наступні переваги над іншими хладагентами:

- потенціал руйнування озонового шару дорівнює нулю;
- має сталість робочих характеристик. За рахунок такої стабільності він дуже зручний в зверненні.;
- легкий в зверненні: його легко заправити, не вдаючись до будь-яких складних додаткових маніпуляцій..

Системи охолодження з безпосереднім прямим розширенням холодоагенту мають такі основні переваги:

- низька витрата мідних труб, так як холодильні агрегати встановлюються в безпосередній близькості до камерного обладнання;
- гнучка система регулювання температури;
- просте регулювання режимів;
- можливість застосування повної автоматизації роботи охолоджуючої системи;
- незначна небезпека у випадку аварії;
- відносно мала місткість по холодоагенту;
- можливість підтримання мінімальної різниці температур між температурою в камері та кипіння.

У зв'язку з тим, що для забезпечення необхідних температурних режимів у камерах холодильника необхідно порівняно невелику потужність холодильної машини ( = 30 кВт), приймаю до встановлення поршневі компресори, які мають наступні переваги:

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М.			Д	П	29 / 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
					Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.		

- висока надійність;
- високий COP;
- висока енергетична ефективність, ефективний ККД досягає 80-86%;
- двоступеневе регулювання продуктивності;
- висока ремонтпридатність;
- швидкохідність (обороти двигуна до 1500 об/хв);
- може працювати на будь-якому холодильному агенті без зміни конструкції (крім аміаку).

Приймаю до встановлення повітряні конденсатори, які мають наступні переваги:

- застосування повітря в якості середовища що відводить теплоту конденсації дозволяє різко скоротити витрати води;
- низький рівень шуму;
- немає ризику замерзання води в зимній період;
- менша капітальна вартість в порівнянні з іншими видами конденсаторів;
- можливість регулювання продуктивності конденсатора шляхом почергового відключення вентиляторів.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

## 8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

Режим роботи характеризується температурами кипіння, конденсації, переохолодження та всмоктування.

Температура конденсації залежить від температури навколишнього середовища (розрахункова температура [1]). Температуру конденсації для повітряних конденсаторів приймаємо на 10... 12 °C вищу ніж  $t_{HC}$ .

$$t_K = t_{HC} + 10^\circ C = 31 + 10 = 41^\circ C$$

Температуру кипіння приймаємо на 5...7 K нижче ніж температура повітря в камері. Для овочесховищ йдуть в сторону меншої різниці температур для зменшення ушуски продукції.

Температура кипіння для камер з температурою 0 °C.

$$t_{0\text{№}1} = t_{\text{кам}\text{№}1} - 5^\circ C = 0 - 5^\circ C = - 5^\circ C$$

Температура кипіння для камер з температурою 4 °C.

$$t_{0\text{№}3} = t_{\text{кам}\text{№}3} - 5^\circ C = 4 - 5^\circ C = - 1^\circ C$$

Використаємо електроні регулюючі клапани для точного підтримання температури на виході з повітроохолодника. Тоді перегрів парів на всмоктуванні до компресора буде дорівнювати  $t_{no} = 5K$ . Нагрів газу в компресорі (при проходженні його через обмотку електродвигуна) становить в середньому 15 K. Відповідно температура газу фреону на всмоктуванні до порожнини стискання дорівнюватиме:

$$t_{\text{вс}\text{№}1} = t_{0\text{№}1} + 5K + 15K = - 5 + 5K + 15K = 15^\circ C$$

$$t_{\text{вс}\text{№}3} = t_{0\text{№}3} + 5K + 15K = - 1 + 5K + 15K = 19^\circ C$$

Приймаємо переохолодження в повітряному конденсаторі 2 K, відповідно температура переохолодженого хладону становить:

$$t_{no} = t_K - 2K = 41 - 2 = 39^\circ C$$

					<b>00. БКР 142.008.011.ПЗ</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	Коновалов І.Ю.				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>	Рябчук О.М.				Д П	31	76
<i>Консульт.</i>					<b>ХМ-4-11СК</b>		
<i>Консульт.</i>							
<i>Затверд.</i>							
					Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.		

За прийнятими припущеннями та принциповою схемою холодильної установки (рис. 8.1.) будуємо цикл на ІgP-h діаграмі для R134a (рис. 8.2.) та значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклів заносимо до табл. 8.1. (для температури кипіння  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) та табл. 8.2. (для температури кипіння  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

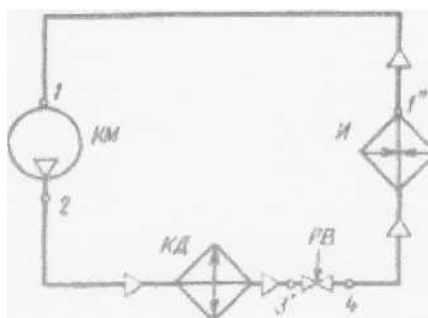


Рис. 8.1. - Принципова схема холодильної установки

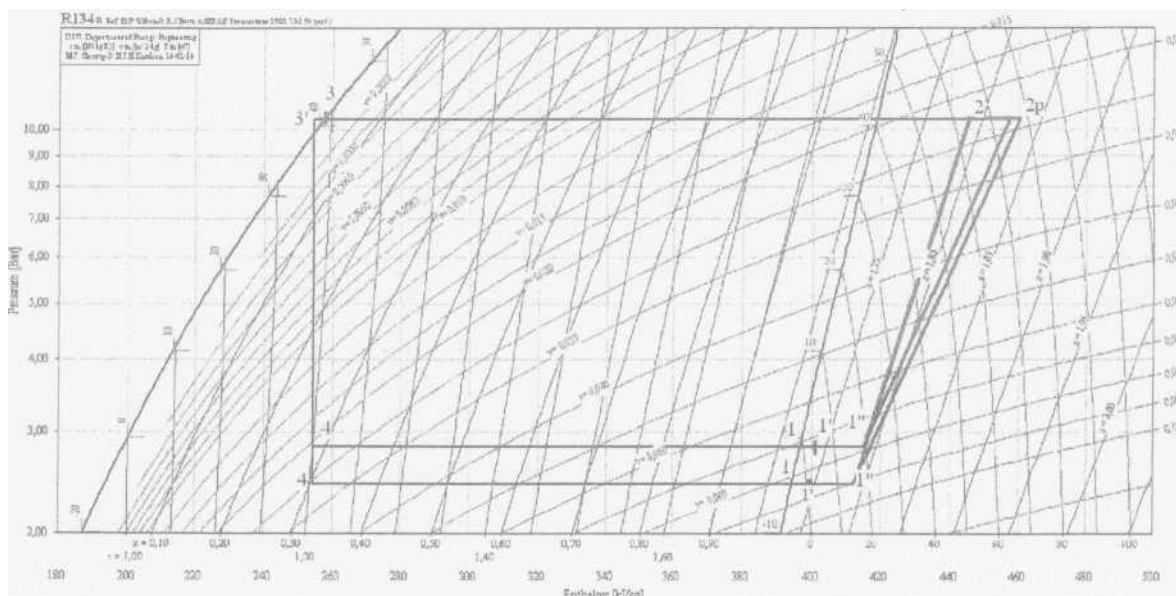


Рис. 8.2. - Цикли роботи холодильних установок

Таблиця 8.1. - Параметри робочих точок для температури кипіння  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$

№ точки	$t, ^{\circ}\text{C}$	$P$ , бар	$o$ , $\text{м}^3/\text{кг}$	$h$ , $\text{кДж}/\text{кг}$
Г	0	2,43	-	399
1''	15	2,43	0,0906	412,2
1	-5	2,43	-	394,5
2	64,55	10,44	0,0224	445,6
2'P	77,5	10,44	0,0238	460
3'	39	10,44	-	254,7
3	41	10,44	-	257,5
4	-5	2,43	-	254,7

Таблиця 8.2. - Параметри робочих точок для температури кипіння  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$

№ точки	t, °C	P, бар	и, м <sup>3</sup> /кг	h, кДж/кг
1'	4	2,82	-	401
1''	19	2,82	0,0787	414,8
1	-1	2,82	-	396,6
2	63,9	10,44	0,0223	444,8
-Д	75,5	10,44	0,0236	457,8
3'	39	10,44	-	254,7
3	41	10,44	-	257,5
4	-1	2,82	-	254,7

Масова витрата холодоагенту по камерам:

$$m_{1\text{№}1} = Q_{0\text{№}1}/h_1 - h_4 = 24,87/399 - 254,7 = 0,172 \text{ кг/с}$$

$$m_{1\text{№}2} = Q_{0\text{№}2}/h_1 - h_4 = 33,12/399 - 254,7 = 0,23 \text{ кг/с}$$

$$m_{1\text{№}3} = Q_{0\text{№}3}/h_1 - h_4 = 34,74/399 - 254,7 = 0,237 \text{ кг/с}$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності КМ за відношенням тисків конденсації та всмоктування по номограмі 11.2. знайдемо коефіцієнт подачі:

$$P_k / P_{-5} = 10,44 / 2,43 = 4,3 \quad a_{-5} = 0,68$$

$$P_k / P_{-1} = 10,44 / 2,82 = 3,7 \quad a_{-1} = 0,72$$

Об'єм парів що всмоктуються компресором за одиницю часу:

$$V_{m\text{№}1} = m_{\text{км}\text{№}1} * v_1 = 0,172 * 0,0906 = 0,0157 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_{m\text{№}2} = m_{\text{км}\text{№}2} * v_1 = 0,23 * 0,0906 = 0,0207 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$V_{m\text{№}3} = m_{\text{км}\text{№}3} * v_1 = 0,237 * 0,0787 = 0,0186 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Необхідна теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_{\partial\text{№}1} = V_{m\text{№}1} / a_{-5} = 0,0156 / 0,68 = 0,0229 \text{ м}^3/\text{с} = 82,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\partial\text{№}2} = V_{m\text{№}2} / a_{-5} = 0,0208 / 0,68 = 0,0306 \text{ м}^3/\text{с} = 110,13 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\partial\text{№}3} = V_{m\text{№}3} / a_{-1} = 0,0187 / 0,72 = 0,026 \text{ м}^3/\text{с} = 93,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для камери №1 (зберігання моркви) підбираємо 2 поршневі безсальникові компресори Bitzer 4TES-8Y-40P з об'ємною подачею

$$V_{\text{км}} = 41,33 \text{ м}^3/\text{год} = 0,0115 \text{ м}^3/\text{с} \text{ у, технічні характеристики подано в}$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33



Таблиця 8.3. - Технічні характеристики обраних компресорів

Параметр	Величина		
	4TES-8Y-40P	4NES-12Y-40P	4PES-10Y-40P
Об'ємна продуктивність (1450 об/хв 50Гц)	41,33 м <sup>3</sup> /год	56,25 м <sup>3</sup> /год	48,50 м <sup>3</sup> /год
Кількість циліндрів x діаметр x хід поршня	4 x 60мм x 42мм	4x70ммx42мм	4x65ммx42мм
Стандарт електроструму	380V-3f-50 Hz		
Максимальний робочий струм	11.3 А	16.2 А	13.5 А
Відношення обмоток	50/50		
Стартовий струм (ротор блоковано)	49.0 АУ/ 81.0 А УУ	69.0 АУ/ 113.0 А УУ	59.0 АУ/ 99.0 А УУ
Вага	134 кг	141 кг	139 кг
Макс. надлишковий тиск (НТ/ВТ)	19/28 bar		
Під'єднання лінії всмоктування	35 мм - 1 3/8"		
Під'єднання лінії нагнітання	28 мм - 1 1/8"		
Тип масла для R134a/R404A/R507A/R407C	t <sub>к</sub> <60°C: BSE32 / t <sub>к</sub> >60°C: BSE55 (Option)		
Заправка масла	2,60 л		
Підігрів мастила в картері	0.. MOW PTC (Option)		
Контроль рівня мастила	OLC-K1 (Option, not for R290/R1270)		
Сервісний мастильний клапан	Option		
Датчик температури нагнітання	Option		
Захист двигуна	SE-B1		
Клас захисту	IP65		
Стартове розвантаження	Option		
Регулювання продуктивності	100-50% (Option)		
Додатковий вентилятор	Option		
Антивібраційні демпфери	Standard		

Адіабатна потужність кожного компресора:

$$N_{o\#1} = M_{км\#1} * (h_2 - h_1) = 0,086 * (445,6 - 412,2) = 2,86 \text{ кВт},$$

$$N_{o\#2} = M_{км\#2} * (h_2 - h_1) = 0,117 * (445,6 - 412,2) = 3,92 \text{ кВт},$$

$$N_{o\#3} = M_{км\#3} * (h_2 - h_1) = 0,124 * (444,9 - 414,9) = 3,73 \text{ кВт}.$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Індикаторний ККД приймаємо рівним  $\eta_i = 0,7$  [1].

Визначаємо дійсну точку в кінці стискання. Для цього визначаємо ентальпію точки 2д:

$$h_{2d-5} = h_1 + (h_2 - h_1) / \eta_i = 412,2 + 445,6 - 412,2 / 0,7 = 460 \text{ кДж/кг};$$

$$h_{2d-1} = h_1 + (h_2 - h_1) / \eta_i = 414,2 + 444,6 - 414,9 / 0,7 = 457,8 \text{ кДж/кг};$$

Індикаторна потужність кожного компресора:

$$N_{i\text{№}1} = N_{A\text{№}1} / \eta_i = 2,87 / 0,7 = 4,1 \text{ кВт};$$

$$N_{i\text{№}2} = N_{A\text{№}2} / \eta_i = 3,91 / 0,7 = 5,59 \text{ кВт};$$

$$N_{i\text{№}3} = N_{A\text{№}3} / \eta_i = 2,72 / 0,7 = 5,31 \text{ кВт}.$$

Ефективна потужність кожного компресора при  $\eta_{\text{мех}} = 0,9$  [1]:

$$N_{e\text{№}1} = N_{i\text{№}1} / \eta_{\text{мех}} = 4,1 / 0,9 = 4,56 \text{ кВт};$$

$$N_{e\text{№}2} = N_{i\text{№}2} / \eta_{\text{мех}} = 5,59 / 0,9 = 6,21 \text{ кВт};$$

$$N_{e\text{№}3} = N_{i\text{№}3} / \eta_{\text{мех}} = 5,31 / 0,9 = 5,9 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна при  $\eta_{\text{ел}} = 0,85$  [1]:

$$N_{\text{дв}\text{№}1} = N_{e\text{№}1} / \eta_{\text{ел}} = 4,56 / 0,85 = 5,37 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}\text{№}2} = N_{e\text{№}2} / \eta_{\text{ел}} = 6,21 / 0,85 = 7,32 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}\text{№}3} = N_{e\text{№}3} / \eta_{\text{ел}} = 5,9 / 0,85 = 6,95 \text{ кВт}.$$

Дійсне навантаження на конденсатор:

$$Q_{K\text{д}\text{№}1} = (Q_{0\text{№}1} + N_{i\text{№}1}) * 2 = (12,41 + 4,1) * 2 = 33,03 \text{ кВт};$$

$$Q_{K\text{д}\text{№}2} = (Q_{0\text{№}2} + N_{i\text{№}2}) * 2 = (16,88 + 5,59) * 2 = 44,95 \text{ кВт};$$

$$Q_{K\text{д}\text{№}3} = (Q_{0\text{№}3} + N_{i\text{№}3}) * 2 = (18,14 + 5,31) * 2 = 46,8 \text{ кВт}.$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

## 9. Вибір теплообмінних апаратів (конденсатор)

Знаходимо розрахункову площу теплопередачі конденсатора за формулою 11.26 [1]. Приймаємо що коефіцієнт теплопередачі повітряного конденсатора становить  $k_k = 25 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Загальне теплове навантаження на конденсатор приймаємо за розрахунками у 9.

Середню логарифмічну різницю температур між холодилищем агентом (R134A) та повітрям приймаємо за літературою [1]:

$$\Theta_{\text{ср}} = 8 \dots 12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \Theta_{\text{ср}} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{кр}\#1} = Q_{\text{кд}\#1} / k_k * \Theta_{\text{ср}} = 33020 / 10 * 25 = 132,07 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{кр}\#2} = Q_{\text{кд}\#2} / k_k * \Theta_{\text{ср}} = 44940 / 10 * 25 = 179,75 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{кр}\#3} = Q_{\text{кд}\#3} / k_k * \Theta_{\text{ср}} = 46900 / 10 * 25 = 187,5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до встановлення по 1 конденсатору технічні характеристики та моделі по камерам вказані в табл. 9.1..

Таблиця 9.1. - Технічні данні повітряних конденсаторів

Тип	Поверхня теплообміну	Довжина	Висота	Глибина	Площа прохідного перерізу	Кількість вентиляторів	Діаметр вентилятора	Об'ємна продуктивність по повітрю	№ камери
	м <sup>2</sup>	мм	мм	мм	м <sup>2</sup>	шт.	мм	м <sup>3</sup> /час	
LH248	143	1591	1408	88	2,22	4	450	19800	№1
LH270	214,5	1591	1808	110	2,86	4	500	27200	№2 та №3

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Коновалов І.Ю.				Лит.	Лист	Листів
Керівник	Рябчук О.М.				Д	П	37 / 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.							

## 10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

В камерах холодильника встановлюємо підвісні спеціалізовані повітроохолодники.

Приймаємо температурний напір  $\Theta_m = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , коефіцієнт теплопередачі

$$k_H = 18,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}$$

Необхідна площа теплопередаючої поверхні розраховується за рівнянням:

$$F_{\text{по}} = 1,3 Q_{\text{обл}} / k_H \cdot \Theta_m, \text{ м}^2$$

Площа поверхні теплообміну повітроохолодників для камер:

$$F_{\text{по}\#1} = 1,3 Q_{\text{обл}\#1} / k_H \cdot \Theta_m = 24870 / 18,5 \cdot 5 = 268,87 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{по}\#2} = 1,3 Q_{\text{обл}\#2} / k_H \cdot \Theta_m = 33120 / 18,5 \cdot 5 = 358,1 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{по}\#3} = 1,3 Q_{\text{обл}\#3} / k_H \cdot \Theta_m = 34740 / 18,5 \cdot 5 = 375,5 \text{ м}^2;$$

Приймаю до встановлення по 2 повітроохолодника фірми Goedhart відповідно до табл. 10.1.. Технічні характеристики обраного обладнання наведено у табл. 10.2. та 10.3., аескіз нарис. 10.1..

Таблиця 10.1. - Експлікація повітроохолодників по камерам

Номер камери	Кількість теплоти що надходить до камери, кВт	Необхідна площа теплообміну, м <sup>2</sup>	Марка повітроохолодника	К-ть	Площа поверхні теплообміну повітроохолодника, м <sup>2</sup>	Загальна площа теплообміну, м <sup>2</sup>
№1	24,87	268,86	VNS-64407E	2	136	272
№2	33,12	358,1	VNS-64457E	2	206	412
№3	34,74	375,6	VNS-64457E	2	206	412

					00. БКР 142.008.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Коновалов І.Ю.				Лит.	Лист	Листів
Керівник	Рябчук О.М.				Д	П	38
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							
Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.							

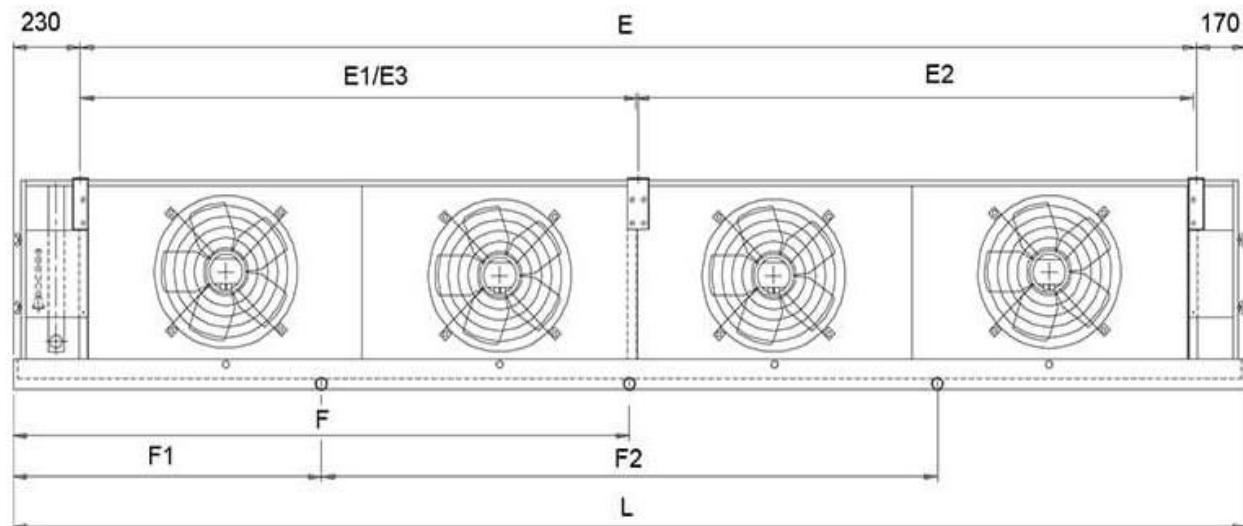


Рис. 10.1. - Ескіз обраних повітроохолодників

Таблиця 10.2. - Технічні дані повітроохолодника VNS-64407E

Характеристика	Розмірні	Показник
Виконання		Кубічний "на продув"
Холодоагент		R-134a DX
Холодопродуктивність	кВт	11,8
Витрата повітря	М <sup>3</sup> /гас.	14 880
Поверхня теплообміну	м <sup>2</sup>	136
Відстань між оребренням	мм	7
Температура в приміщенні	°С	0,0
Температура Кипіння	°С	-5,0
Блок		Си/ Al
Корпус		Білий (RAL 9003), Оцинк.
Кількість вентиляторів		4
Діаметр вентиляторів	мм	400
Швидкість обертання	об./хв.	1 350
Потужність вентилятора	Вт	255
Струм	А	0,6
Фази - Напр. - Частота	#-В-Гц	3 - 400 - 50
Клас захисту		IP44
Електровіттаювання	кВт	8,0
Довжина x ширина x висота	мм	3456x 800x590
Вага (пустого)	кг	230
Об'єм по холодоагенту	дм <sup>3</sup>	36,0

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

00. БКР 142.008.011.ПЗ

Лист

39

Таблиця 10.3. - Технічні дані повітроохолодника VNS-64457E

Характеристика	Розмірні	Показник
Виконання		Кубічний "на продув"
Холодоагент		R-134aDX
Холодопродуктивність	кВт	18,5
Витрата повітря	м <sup>3</sup> /час.	22 980
Поверхня теплообміну	м <sup>2</sup>	206
Відстань між оребренням	мм	7
Температура в приміщенні	°С	о,о
Температура Кипіння	°С	-5,0
Блок		Си/ Al
Корпус		Білий (RAL 9003), Оцинк.
Кількість вентиляторів		4
Діаметр вентиляторів	мм	450
Швидкість обертання	об./хв.	1 350
Потужність вентилятора	Вт	400
Струм	А	0,9
Фази - Напр. - Частота	#-В-Гц	3 - 400 - 50
Клас захисту		IP44
Електровітгаювання	кВт	8,0
Довжина x ширина x висота	мм	4256 x 840 x 690
Вага(пустого)	кг	317
Об'єм по холодоагенту	дм <sup>3</sup>	54,0

Об'ємна подача повітря визначається за формулою:

$$V_{нов} = Q_{заг} / \rho_{нов} * (h_1 - h_2),$$

де  $Q_{заг}$  - сумарне теплове навантаження на обладнання, кВт;  $\rho_{нов}$  - густина повітря який виходить з повітроохолодника, кг/м<sup>3</sup>;  $h_1$  - ентальпія повітря що входить та виходить з повітроохолодника, кДж/кг (приймаємо 13 та 8 кДж/кг відповідно).

Виконуємо розрахунок об'ємної подачі вентиляторів для кожної камери.

$$V_{нов\ №1} = Q_{заг} / \rho_{нов} * (h_1 - h_2) = 24,87 / 1,293 * (13-8) = 3,85 \text{ м}^3/\text{с} = 13848,7 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V_{нов\ №1} = Q_{заг} / \rho_{нов} * (h_1 - h_2) = 33,12 / 1,293 * (13-8) = 5,12 \text{ м}^3/\text{с} = 18442,7 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$V_{нов\ №1} = Q_{заг} / \rho_{нов} * (h_1 - h_2) = 34,74 / 1,293 * (13-8) = 5,37 \text{ м}^3/\text{с} = 19344,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Як бачимо з табл. 10.2. та 10.3. лише один повітроохолодник забезпечує необхідну циркуляції повітря. Відповідно підібрані повітроохолодники підходять по заданим параметрам.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

## 11. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

Лінійний ресивер.

Ємність лінійного ресивера для систем з нижньою подачею холодильного агенту до випарників при умові його заповнення на 80%, визначаємо за формулою:

$$V_{л.р.} = 0,6 * V_0.$$

Об'єм труб в випарних приймаємо з табл. 10.2. та 10.3.. Відповідно об'єм ресивера для кожної установки становить:

$$V_{л.р.№1} = 0,6 * (2,36) = 43,2 \text{ л};$$

$$V_{л.р.№2} = 0,6 * (2,54) = 64,8 \text{ л};$$

$$V_{л.р.№3} = 0,6 * (2,54) = 64,8 \text{ л};$$

До установки приймаємо вертикальні лінійні ресивери Bitzer. Для камери №1 - FS562, для камер №2 та №3 - FS732. Технічні характеристики обраного обладнання наведено в табл. 11.1.

Таблиця 11.1. - Характеристики ресиверів фірми Bitzer.

Тип	Объем ресивера dm <sup>3</sup> (л)	Максимальное наполнение хладагента <sup>⊙</sup>			Вес kg	Присоединения <sup>⊙</sup>				Присоединительная резьба/фланец	
		R134a (kg)	R404A R507A (kg)	R22 (kg)		Вход ø		Выход ø		Вход	Выход
						Zoll Inch дюйм	Zoll Inch дюйм	Zoll Inch дюйм	Zoll Inch дюйм		
<b>F062H</b>	6,8	7,5	6,5	7,4	8	12	1/2"	10	3/8"	1" - 14 UNS	3/4" - 16 UNF
<b>F102H</b>	10	11,0	9,6	10,9	10	16	5/8"	12	1/2"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS
<b>F152H</b>	15	16,6	14,4	16,3	13	22	7/8"	16	5/8"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS
<b>F192T</b>	19	21,0	18,3	20,7	17	16	5/8"	16	5/8"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS
<b>F202H</b>	20	22,1	19,2	21,8	18	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF
<b>F252H</b>	25	27,6	24,0	27,2	20	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF
<b>F302H</b>	30	33,1	28,8	32,7	23	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF
<b>F392T</b>	39	43,0	37,5	42,5	27	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF
<b>F402H</b>	39	43,0	37,5	42,5	29	28	1 1/8"	28	1 1/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 3/4" - 12 UNF
<b>F552T</b>	54	59,6	51,9	58,8	41	28	1 1/8"	28	1 1/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 3/4" - 12 UNF
<b>F562N</b>	56	61,8	53,8	61,0	42	35	1 3/8"	28	1 1/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF
<b>F732N</b>	73	80,5	70,2	79,5	50	35	1 3/8"	28	1 1/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF

00. БКР 142.008.011.ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.	Коновалов И.Ю.				
Керівник	Рябчук О.М.				
Консульт.					
Консульт.					
Затверд.					
Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.					
			Лит.	Лист	Листів
			Д П	41	76
ХМ-4-11СК					

## Віддільники рідини.

Віддільники рідини встановлюємо для захисту компресорів від гідравлічного удару. Підбір віддільників рідини проводимо за діаметром всмоктувального трубопроводу компресора. Оскільки у всіх компресорів діаметр всмоктувального патрубку однаковий (35 мм), то і віддільник рідину для всіх станцій однаковий - LTG 6/35. У табл. 11.2. наведено технічні характеристики, а ескіз - рис. 11.1..

Таблиця 11.2. - Технічні характеристики віддільників рідини.

CODE	TYPE	CAPAC ITY Lt.	TN OUT CDS	00	H	ADDITIONAL Oil LU	S/OS
02A0021	LTG 1/12	1	12	89	182	0,5	
02A0031	LTG 1.5/12	1.5	12	89	270	0.5	
02A0041	LTG 1/16	1	16	89	182	0.5	
02A0T51	LTG 1.5/16	1.5	16	89	270	0.5	
02A0061	LTG 1.5/18	1.5	18	89	270	0.5	
02.A0071	LTG 2/12	2	12	101	295	0.5	M8
02AD08L	LTG 2/16	2	16	101	295	0,5	
02ADOS1	LTG 2/18	2	18	101	295	O.S	
Q2A01C1	LTG 2/22	2	22	101	295	0.5	
02AO111	LTG 3/22	3	22	140	240	0.75	
02A&I21	LTG 4/28	a.	28	140	312	0.75	
02AO131	LIG 6/22	&	22	168	32/	1	
O2A0L81	LTG 9/35	9	35	168	477	1	

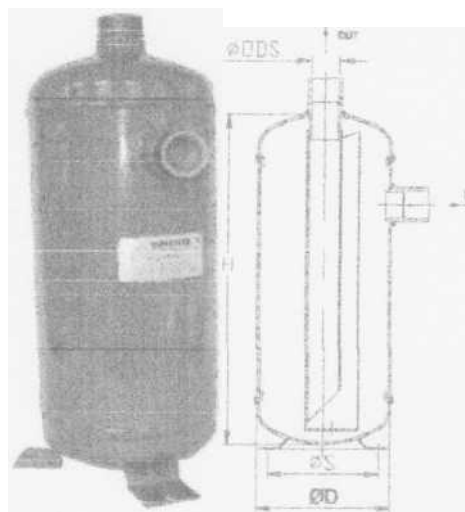


Рис. 11.1 – Ескіз віддільників рідини

## Віддільники мастила.

Віддільники мастила встановлюємо для відділення мастила від парів холодоагенту та повернення його до компресора, а також для зменшення товщини мастильної плівки у приладах охолодження. Підбір віддільників мастила проводимо за діаметром нагнітального трубопроводу. Оскільки у всіх компресорів діаметр нагнітального патрубку однаковий (28 мм), то і мастиловіддільник для всіх компресорів однаковий - Castel 5540/9. У табл. 11.3. наведено технічні характеристики. У табл. 11.4 - розміри, а ескіз - рис. 11.2..

Таблиця 11.3. - Технічні характеристики віддільників мастила.

Catalogue Number	Solder Connections				Couple of solder connections IN / OUT			Oil connection [SAE Flare]	Oil addition [kg]	Max. differential pressure [bar]	TS [°C]		PS [bar]	Risk Category according to PED
	ODS		ODM		Catalogue Number	ODS (1)					min.	max.		
	Ø [in.]	Ø [mm]	Ø [in.]	Ø [mm]		Ø [in.]	Ø [mm]							
5540/4	1/2"	-	5/8"	16	-	-	-	1/4"	0,4 / 0,5	21	- 10	+ 130	32	I
5540/5	5/8"	16	3/4"	-										
5540/7	7/8"	-	1"	-										
5540/9	1.1/8"	-	1.3/8"	35										
5540/11	1.3/8"	35	1.5/8"	-				3/8"	0,6 / 0,7					
5540/13	1.5/8"	-	-	-										
5540/M42	-	42	-	-										
5540/17	2.1/8"	54	-	-										

Таблиця 11.4. – Розміри віддільників мастила.

Catalogue Number		Solder Connections		Dimensions [mm]						Weight [g]				
Separator	Connections	ODS		Ø D <sub>1</sub>	Ø D <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>					
		Ø [in.]	Ø [mm]											
5540/4	-	1/2"	-	123	-	-	-	-	280	4200				
5540/5		5/8"	16						367	4960				
5540/7		7/8"	-						5030					
5540/9		1.1/8"	-						5835					
5540/11		1.3/8"	35	428					5800					
5540/13		1.5/8"	-	163,5					17,5	-	-	-	471	10000
5540/M42		-	42											
5540/17		2.1/8"	54											

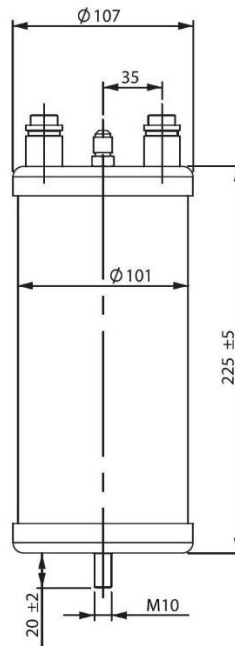


Рис. 11.2. - Ескіз віддільника мастила

### Віброгасники.

Віброгасники встановлюються для запобігання передачі вібрації від компресора до трубопроводів. Підбір виконуємо по діаметру всмоктувальних та нагнітальних патрубків компресорів.

Встановлюємо віброгасники вказані в табл. 11.5.

Таблиця 11.5. - Параметри віброгасників.

Назва трубопроводу	Діаметр, мм	Марка віброгасника	Діаметр, мм	Довжина, мм
ВСАС	35	DN 32	35	360
НАГНІТАННЯ	28	DN25	28	320

### Механічний фільтр на лінії всмоктування

Механічний фільтр на лінії всмоктування встановлюємо для запобігання попадання бруду до компресора. Підбір проводимо по діаметру всмоктувального трубопроводу.

Оскільки у всіх компресорів діаметр всмоктувального патрубка однаковий (35 мм), то і фільтра для всіх компресорів однакові - Castel

4411/ПС з однією сітчастою фільтруючою вставкою типорозміру Н48. У табл. 11.6. - 11.8. наведено технічні характеристики фільтрів та вставок, а ескіз-рис. 11.3. та рис. 11.4..

Таблиця 11.6. - Технічні характеристики розбірних механічних фільтрів.

Номер по каталогу	Номер вставки по каталогу	Число вставок	Площадь фильтрующей поверхности вставок [мм <sup>2</sup> ]	Номинальный объем		Диаметр соединений			t <sub>с</sub> [°C]		ρ <sub>с</sub> [бар]
						под пайку ODS		под сварку W	мин	макс	
						[дюйм]	[мм]				
4411/5A		1	420	48	800	5/8	16				
4411/7A						7/8	22				
4411/9A						1 1/8	—				
4411/11A						1 3/8	35				
4411/13A						1 5/8	—				
4411/M42A						—	42				
4411/17A						2 1/8	54				

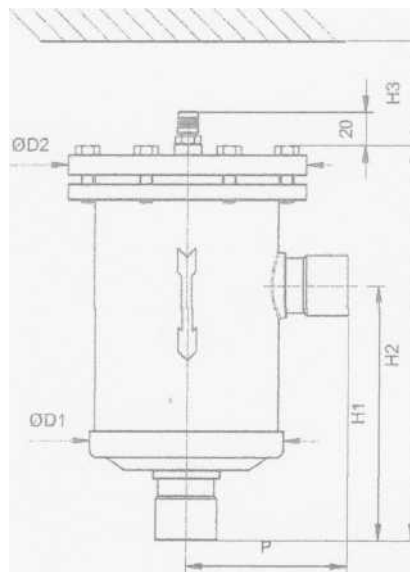


Рис. 11.3. - Ескіз розбірного фільтру

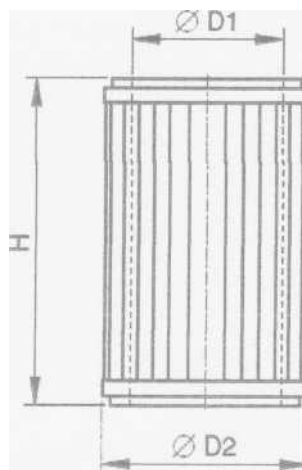


Рис. 11.4. - Ескіз фільтруючого елемента типорозміру Н48

Таблица 11.7. - Розміри корпусів розбірних фільтрів

Номер по каталогу	Диаметр соединений			Размеры [мм]						Масса [г]
	под пайку ODS		под сварку W	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	P	
	[дюйм]	[мм]	[мм]							
4411/5A	5/8	16				148	235	185	90	5360
4411/7A	7/8	22				154	241		96	5405
4411/9A	1 1/8	—				159	246		101	5395
4411/11A	1 3/8	35				171	258		113	5464
4411/13A	1 5/8	—								5435
4411/M42A	—	42								5410

Таблица 11.8. – Розміри фільтруючого елюенту типорозміру Н48

Номер по каталогу	Площадь фильтрующей поверхности		Размеры [мм]			Масса [г]
	[кв. дюйм]	[см <sup>2</sup> ]	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	H	
4495/C	127	820	60	87	138	480

Зворотні клапани на лінії нагнітання.

Зворотній клапан встановлюємо для запобігання надходження рідкого холодоагенту до компресора з конденсатора у холодну пору року. Підбір проводимо по діаметру нагнітального трубопроводу.

Встановлюємо однакові клапани фірми Castel 3122/7 (028 мм). Технічні характеристики (табл. 11.9.), габаритні розміри (табл. 11.10.) та ескіз (рис. 11.5.) представлено нижче.

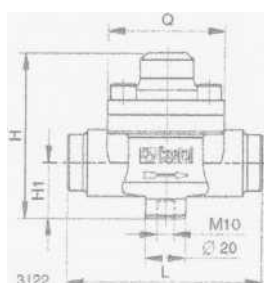


Рис. 11.5. - Ескіз зворотного вентиля



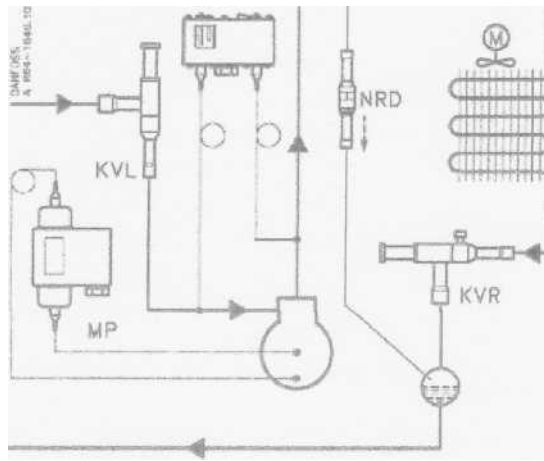


Рис. 11.6. - Спосіб підключення регуляторів тиску конденсації.

Таблиця 11.11. - Розміри регуляторів тиску конденсації.

Тип	Штуцер				NV <sub>1</sub>	NV <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C Пайка	øD
	Под отбортовку		ODF под пайку										
	дюймы	[мм]	дюймы	[мм]									
KVR 12	1/2	12	1/2	12	19	19	179	99	66	64	41	10	30
KVR 15	5/8	16	5/8	16	24	24	179	99	66	64	41	12	30
KVR 22	-	-	7/8	22	-	-	179	99	66	64	41	17	30
KVR 28	-	-	1 1/8	28	-	-	259	151	103	105	48	20	43
KVR 35	-	-	1 3/8	35	-	-	259	151	103	105	48	25	43

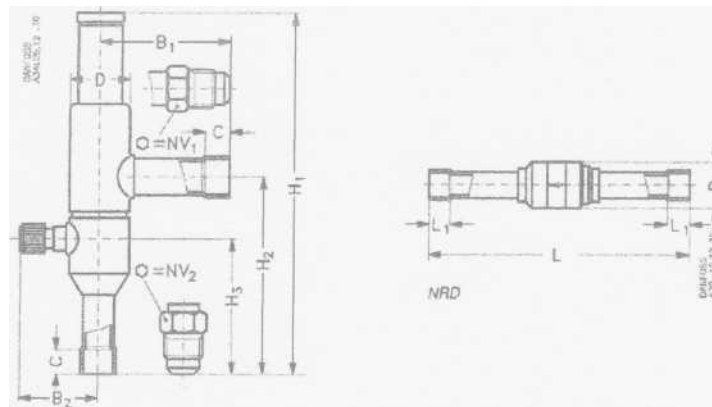


Рис. 11.7. - Ескіз регуляторів тиску конденсації

### Фільтр-осушник на рідинній лінії.

Фільтр-осушник встановлюємо для видалення парів води з холодоагенту яка може замерзнути або утворити з холодоагентом кислоту, що руйнує холодильну установку. Підбір проводимо за діаметром рідинного трубопроводу.

Встановлюємо фільтр-осушник фірми Castel 4375/7S (22 мм). Технічні характеристики наведені у табл. 11.12..

Таблиця 11.12. – Технічні характеристики фільтрів- осушників.

Catalogue Number		Dimensions [mm]	
		Ø D	L
4303/2S	4203/2S	52	94
4303/3S	–		96
4305/2S	4205/2S		110
4305/3S	4205/3S		112
4305/M10S	–		137
4308/2S	4208/2S		139
4308/3S	4208/3S		146
4308/M10S	–		146
4308/M12S	–		
4308/4S	4208/4S		
4330/3S	4230/3S	73	230
4330/4S	4230/4S		237
4330/5S	4230/5S		245
4330/7S	–		250
4330/9S	–		250
4375/4S	4275/4S	91	387
4375/5S	4275/5S		393
4375/6S	4275/6S		398
4375/7S	4275/7S		398
4375/9S	4275/9S		398

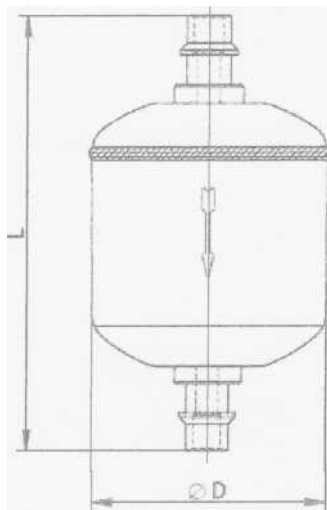


Рис. 11.8. - Ескіз фільтру-осушника

Фільтр мастила.

Фільтр мастила встановлюємо для очистки мастила перед поверненням його до компресора. Підбір проводимо для всіх агрегатів однаково за діаметром мастильного трубопроводу (10 мм) - Gokceler FYG 53S. Розміри вказано у ескізі - рис. 10.9..

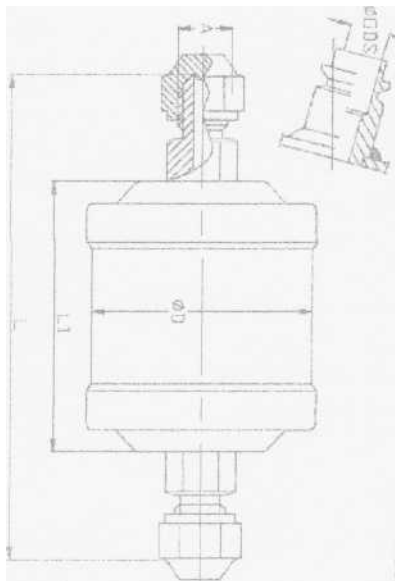


Рис. 11.9. - Ескіз фільтру мастила

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

00. БКР 142.008.011.ПЗ

Лист

50

## Індикатори вологи.

Індикатор вологи встановлюється для визначення наявності води та кислот у холодоагенті або мастилі та для визначення якості роботи установки. Підбір проводимо за діаметром рідинного та мастильного трубопроводів.

Відповідно встановлюємо Castel 3740/7 (022 мм) на рідинну лінію та 3740/M10 на мастило. Приєднувальні та габаритні розміри у табл. 10.15.. Ескіз представлено на рис. 10.10..

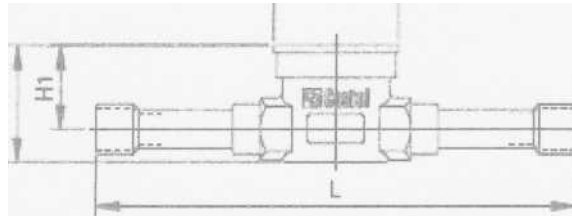


Рис. 11.10. - Ескіз індикатора вологості

Таблиця 11.15. - Розміри індикаторів вологи.

Catolegi» Number		Dimensions fiwi]				
Liquid Indicators	Moisture Liquid Indicators	H	H,.	I <sup>L</sup> 4I	ICh1	Weight fol
3510/22	3710/22	28.5	22	71.6	12	130
3610/33	3710/33	31.5	22Д	77.5	17	165
3610/44	3710/44	36	24.5	61.5	<sup>22</sup> .....	210
3610/55	3710/56	38.5	26	69.5	24	255
3610/66	3710/66	46	31.5	93	26	315
3B20/M12	3720/M12	28.5	22			100
3620/6	3720/5	38.5	20	49		110
3620/M16	Э720/M16	40	27.5			110
3620/M22	3720/M22	46	31.5	01		160
3O4O/2	3740/2	20,6	22	133		135
3Є40/M16	3740/M 16	40	27.5	131		
3640/6	3740/6					

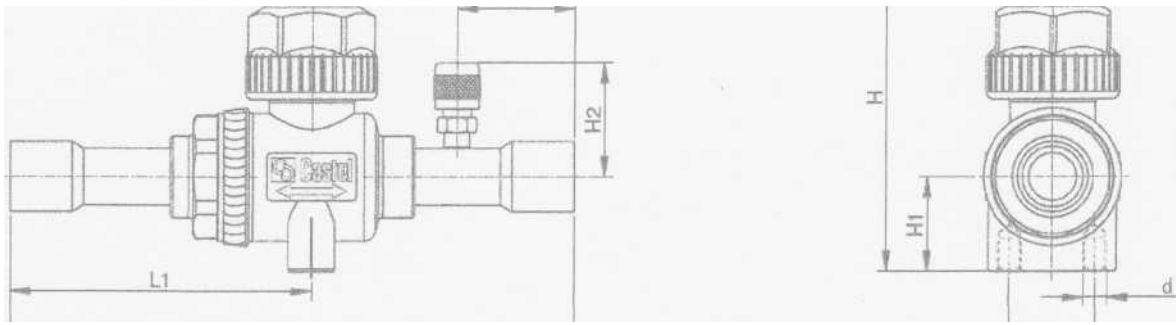


Рис. 11.11. - Ескіз шарового вентиля  
Таблиця 11.17. - Розміри шарових вентилів.

Catalogue Number		Dimensions [mm]							d			
		H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	l				
6570/M6	6570/M6A	48	15	29	121	65	25	18	M4			
6570/2	6570/2A											
6570/3	6570/3A											
6570/M10	6570/M10A											
6570/M12	6570/M12A											
6570/4	6570/4A											
6571/5	–	–	138	73,5	–							
6570/M15	6570/M15A	55	19	32	139	73	30	25,5				
6570/5	6570/5A											
6570/M18	6570/M18A											
6570/6	6570/6A											
6571/7	–									–	175	90,5
6570/7	6570/7A	70	23	34	175	94	40					
6571/M28	–			206	109	–						
6571/9	–			–	–	–						
6570/M28	6570/M28A	79	27	37	204	109	45	–				
6570/9	6570/9A											
6571/11	–									–	245	130

#### Електромагнітні клапана.

Встановлюємо нормально закриті електромагнітні клапани (соленоїдні вентиля) для автоматичного відсікання повітряохолодників по рідинній лінії з метою виведення апаратів у режим відтаювання. Підбір проводимо за діаметрами трубопроводів.

Приймаємо діаметр рідинного трубопроводу на вході до одного • випарника камери №1 10 мм, і теж саме для камер №2 та №3 - 12 мм. Відповідно встановлюємо соленоїдні вентиля 1068/M10 та 1068/M12 відповідно. Вентилі укомплектовано корпусом вентиля, електромагнітною котушкою та клемною коробкою (фішка). Технічні характеристики вентилів наведено у табл. 10.18., а приєднувальні та габаритні розміри у табл. 10.19.. Ескіз представлено нарис. 10.12..

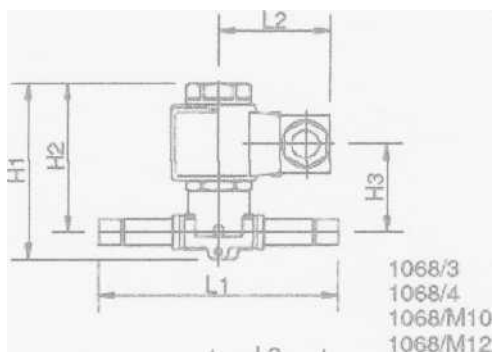


Рис. 11.12. - Ескіз соленоїдних вентилів

Таблиця 11.18. – Технічні характеристики соленоїдних вентилів.

Номер по каталогу	Соединения под пайку ODS		Диаметр седла клапана [мм]	Кoeffициент расхода $K_v$ [м <sup>3</sup> /ч]	Принцип работы	Рабочий перепад давления [бар]			t <sub>s</sub> [°C]		
	[дюйм]	[мм]				Min OPD	MOPD			мин	макс
							Тип катушки				
						HM2, CM2 (AC)	HM4 (AC)	HM3 (DC)			
1028/2	1/4	—	2,2	0,15	Прямого действия	0					
1028/2E	1/4	—	3	0,23							
1028/3	3/8	—									
1028/M10	—	10									
1068/3	3/8	—	7	0,80	Серво-приводный мембранный	0,05	25***	19		+105*	
1068/M10	—	10									
1068/M12	—	12									
1068/4	1/2	—									
1078/M12	—	12	12,5	2,20							
1078/4	1/2	—									18

Таблиця 11.19. – Розміри соленоїдних вентилів.

Номер по каталогу	Размеры [мм]					Q	Масса [г]
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>		
1064/3	82	69,5	40	68	50	—	400
1064/4				72			415
1068/3				111			400
1068/M10				111			395
1068/M12				127			420
1068/4				127			420

Підбір абсорбера CO<sub>2</sub> та генератора N<sub>2</sub> для системи PГС.

Для підбору абсорбера CO<sub>2</sub> та генератора N<sub>2</sub> використано каталог фірми «Van Amerongen».

Для підбору враховуємо розміри камери, продукт, кількість тонн продукту в камері.

Вибераємо генератор N<sub>2</sub> Chllenger 4 та абсорбер Intelligem FB 150.

Таблиця 11. 20. – Технічні характеристики Chllenger 4

Модель	Продуктивність	Розміри, мм			Вага, кг	Потужність, кВт
		L	W	h		
Chllenger 4	1	500	500	900	110	1,6

Таблиця 11. 21. – Технічні характеристики Intelligem FB 150.

Модель	Продуктивність, кг CO <sub>2</sub> / час	Розміри, мм			Вага, кг	Потужність, кВт
		L	W	h		
Intelligem FB 150.	150	165	95	198	650	1,5

## Автоматизація холодильної установки.

Автоматизація холодильної установки передбачає оснащення об'єктів автоматизації (елементів холодильних установок) автоматичними пристроями (приладами і засобами автоматизації), за допомогою яких забезпечується безпечна робота холодильних установок та проведення виробничого процесу або окремих операцій без особистої участі обслуговуючого персоналу або з частковою його участю.

Об'єкти автоматизації разом з автоматичними пристроями утворюють системи автоматизації, що можуть виконувати різні функції: контролю, сигналізації, захисту, регулювання і керування.

Автоматизація підвищує економічну ефективність роботи холодильних установок, тому що зменшується чисельність обслуговуючого персоналу, знижується витрата електроенергії, води й інших матеріалів, збільшується термін служби холодильних установок унаслідок підтримки автоматичними пристроями оптимального режиму їхньої роботи.

Автоматизація вимагає капітальних витрат, тому її рівень треба вибирати, ґрунтуючись на результатах техніко-економічного аналізу. Холодильну установку можна автоматизувати частково, комплексно або цілком.

Часткова автоматизація передбачає обов'язковий для всіх холодильних установок автоматичний захист, а також контроль, сигналізацію, і керування.

Обслуговуючий персонал регулює контрольовані параметри при відхиленні їх від заданих значень і при порушенні працездатності устаткування, про що інформують системи контролю і сигналізації. Обслуговуючий персонал регулює контрольовані параметри при відхиленні їх від заданих значень і при порушенні працездатності устаткування, про що інформують системи контролю і сигналізації.

При комплексній автоматизації система автоматичного регулювання підтримує основні параметри (температури і вологості повітря в камерах, температури кипіння і конденсації холодильного агента і інше), а деякі допоміжні періодичні процеси (відтаювання інею з поверхні охолоджувальних приладів видалення мастила з системи) викочується вручну.

Повна автоматизація охоплює всі процеси, зв'язані з підтримкою необхідних

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

параметрів в охолоджуваних приміщеннях і елементах холодильної установки. Тому обслуговуючий персонал може бути присутній періодично. Повною автоматизацією оснащуються невеликі по потужності холодильні установки, що мають високі показники безвідмовності і довговічності.

Для великих промислових холодильних установок більш характерна комплексна автоматизація.

### **Автоматичний захист**

Небезпечні режими роботи на холодильних установках можуть викликати важкі наслідки для обслуговуючого персоналу і стану холодильного устаткування.

#### *Високий тиск нагнітання*

Приводить до порушення герметичності апаратів і трубопроводів, вибуху і витоку холодоагенту.

До підвищення тиску нагнітання приводить зменшення подачі повітря в конденсатори, пуск компресора на закритий вентиль. Захист забезпечується за допомогою реле тиску, відбір тиску виконується до реле до нагнітального, вентилля.

#### *Знижений тиск всмоктування*

Знижений тиск кипіння холодоагенту викликає небезпеку заморожування холодоносія у повітроохолоджувачах, а також до викиду мастила з картера компресора, а при тиску кипіння нижче атмосферного до підсмоктування повітря в систему.

Для захисту використовується реле низького тиску або блок низького тиску двоблочного реле тиску.

#### *Підвищена температура нагнітання*

Приводить до перегріву компресора, до розкладання мастила, його спалаху. До перегріву приводить знос деталей компресора, недостатнє змащення, потрапляння повітря в систему й ін.

Захист виконується за допомогою реле температури, термочутливий елемент якого встановлюється до нагнітального вентилля.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

### Вологий хід

Знижує холодопродуктивність компресора, створює небезпеку гідравлічного удару поршня по клапанній дошці. Причиною вологого ходу є неправильне заповнення випарників, переповнення холодоагентом випарника.

### Захист електродвигунів

Короткі замикання і перевантаження електродвигунів викликають неприпустимий перегрів обмоток. Причинами цього можуть бути: обрив однієї фази, зниження напруги мережі, пуск при підвищеному тиску чи нагнітання всмоктування. Короткі замикання виникають при ушкодженні ізоляції обмоток.

Для захисту від короткого замикання застосовуються запобіжники, автоматичні вимикачі з електромагнітним відсіченням. Від перевантажень електродвигуни захищають тепловими або реле автоматами з тепловим захистом.

Датчик установлюється на кожні 75-100м площі машин його відділення.

Технічні дані приладів автоматичного захисту

Таблиця 3.2 - Технічні дані приладів автоматичного захисту поршневої компресор

Небезпечний режим	Марка приладу	Настройка приладу
Неприпустимо високий тиск нагнітання парів	Двоблочне реле тиску КР 15 (0-060-129566)	1,45-1,85 МПа при $t_k=40^{\circ}\text{C}$ , $50^{\circ}\text{C}$
Знижений тиск усмоктування	КР 15	Нижче $P_0$ на 0,05 МПа
Висока температура нагнітання	Манометричне реле температури КР 77	$150^{\circ}\text{C}$
Порушення режиму змащування	МР 55 (0-60В0175)	Різниця тисків $P_{\text{МП}}-P_{\text{МК}} = 0,2$ МПа
Порушення протоки води через охолоджувальні рубашки	Реле протоку КР 77 (060L1 12266)	Менш 30% номінальної витрати
Вологий хід	TEVA 20-20 (0-6866046)	По перегріву парів

## Автоматичне регулювання

Система автоматичного регулювання призначена для підтримки необхідних параметрів у заданих межах.

У холодильних установках автоматично регулюють наступні параметри:

1. Температуру кипіння холодоагенту у випарній системі.
2. Тиск конденсації.
3. Температура повітря в камерах.
4. Видалення інею.

### *Регулювання температури кипіння $t_0$*

Виконується регулюванням тиску випарювання холодоагенту  $P_0$ , яке у свою чергу регулюється холодопродуктивністю компресорів. Існує ряд способів регулювання холодопродуктивності компресорів:

- пуск-зупинка компресорів,
- електромагнітний отжим всмоктувальних клапанів, тобто відключення частини циліндрів компресора, найбільш простим і розповсюдженим є спосіб регулювання холодопродуктивності пуском зупинкою компресорів за допомогою регуляторів температури. При цьому способі кожний з декількох компресорів включається і відключається своїм реле температури.

Настроювання реле виконується по температурі кипіння, по пропорційному чи астатичному кроковому закону.

### *Регулювання тиску конденсації*

При високому тиску конденсації збільшується витрата електроенергії на стиснення парів, знижується надійність машини.

## Автоматична сигналізація

Сигналізація розділяється на робочу й аварійну.

Робоча сигналізація (таблиця 3.3) інформує оперативний персонал про включення чи відключення устаткування, рівень у сосудах і т.д.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Аварійна сигналізація (таблиця 3.4) подає інформацію про вихід із заданих меж різних параметрів, тобто про необхідність уживання конкретних заходів. Аварійна сигналізація вказує на причини зупинок компресорів, насосів і ін. устаткування. Частина сигнальних приладів розміщують на місцевих щитах і пультах керування, а інші на головному щиті автоматики (ГЩА). На ГЩА винесена загальна (світлова і звукова) аварійна сигналізація. Для світлової сигналізації прийняті такі кольори:

- червоний (миготливий) - аварія;
- зелений - норма;
- жовтий - попередження.

Аварійний звуковий сигнал подається сиреною.

Таблиця 3.3 - Робоча сигналізація

Сигналізація	Прилади на ГЩА	Настроювання
Компресор включений	ЛС	Зелена
Компресор зупинений	ЛС	Червона
Вентилятор включений	ЛС	Зелена
Вентилятор зупинений	ЛС	Червона

Таблиця 3.4 - Аварійна сигналізація

<i>Сигналізація</i>	<i>Прилад</i>	<i>Настроювання</i>
Аварія	ЛС Сирена	Червона мерехтлива
Компресор зупинений захистом	ЛС на ГЩА	Червона мерехтлива
Високий тиск нагнітання Висока температура нагнітання Немає протока води Порушення режиму змащення	Пульт керування компресором по місцю	У відповідності з приладами захисту компресора
Висока температура мастила	Пульт керування компресором	$T_m > 50\text{ }^\circ\text{C}$
Температура мастила "норма"		$T_m = 30\text{-}35\text{ }^\circ\text{C}$

### Контрольно-вимірювальні прилади

Для підтримки холодильного технологічного процесу необхідно знати його

параметри: тиск, температуру, рівень і інші величини, що визначають за допомогою вимірювальних приладів.

У великих холодильних установках постійним оперативним персоналом використовується велика кількість місцевих і дистанційних вимірювальних приладів. У холодильних установках необхідно вимірювати температуру об'єкта охолодження, камерах, температуру і тиск кипіння холодоагенту, температуру і тиск конденсації, температуру і тиск мастила, рівні рідкого холодоагенту в ЛР, у конденсаторах і повітроохолоджувачах.

Для виміру зазначених параметрів використовуються технічні термометри, логометри, пружинні манометри, маномовакууметри і рівнеміри.

Вимірювальні прилади встановлюють безпосередньо на устаткуванні чи на місцевих приладових щитах в місцях, зручних для спостереження. Вторинні прилади дистанційних систем виміру встановлюють на ГЩА.

### **Технічні дані вимірювальних приладів**

Таблиця 3.5 - Технічні дані вимірювальних приладів

<i>Вимірювальний параметр</i>	<i>Марка приладу</i>	<i>Місце установки</i>
Тиск у конденсаторі	Манометр Refco 65-А	Компресор
Тиск в лінійному ресивері	Манометр Refco 65-А	Лінійний ресивер
Тиск у повітроохолоджувачі	Манометр Refco 65-А	Повітроохолоджувач
Температура нагнітання	Термометр ЕКА 151	Компресор
Температура всмоктування	КР 61	Компресор
Температура мастила	ЕКА 151	Компресор
Температура кипіння холодоагенту	Термометр ЕКА 151	Повітроохолоджувач
Температура в камерах	Термометр ЕКА 151	Камери
Рівень холодоагенту в повітроохолоджувачі	Реле рівня АКС 38	Повітроохолоджувач
Рівень холодоагенту в лінійному ресивері	Реле рівня АКС 38	Лінійний ресивер
Рівень холодоагенту в конденсаторі	Реле рівня АКС 38	Конденсатор

## 12. Визначення діаметрів трубопроводів та гідравлічних втрат у всмоктувальних мережах

### 12.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Внутрішній діаметр круглої труби визначаємо за формулою:

$$d_{вн} = 4 * M / n * p * w;$$

де  $M$  – масова витрата холодоагенту кг/с;  $p$  – густина холодоагенту, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  – середня швидкість холодоагенту в перерізі (для лінії нагнітання приймають 10 – 18, для лінії всмоктування – 8 – 12, для рідинних – 1 – 1,25), м/с.

Витрата холодоагенту через компресорні станції приймаємо з 8.

Визначаємо діаметр всмоктувальних трубопроводів.

Камері №1.

$$M = 0,172 \text{ кг/с}; M_{KM\#1} = 0,086 \text{ кг/с}; p = 1/v_1 = 1 / 0,0906 = 11,04 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{вн} = 4 * 0,086 / n * 11,04 * 12 = 0,0287 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{зов} = 35 \text{ мм}; d_{вн} = 32 \text{ мм}$

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{вн}^2 * n * p = 4 * 0,086 / 0,032^2 * 11,04 * n = 9,7 \text{ м/с}.$$

Камера №2.

$$M = 0,23 \text{ кг/с}; M_{KM\#1} = 0,117 \text{ кг/с}; p = 1/v_1 = 1 / 0,0906 = 11,04 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{вн} = 4 * 0,117 / n * 11,04 * 12 = 0,0335 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{зов} = 42 \text{ мм}; d_{вн} = 39 \text{ мм}$

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{вн}^2 * n * p = 4 * 0,117 / 0,039^2 * 11,04 * n = 8,9 \text{ м/с}.$$

					<b>00. БКР 142.008.011.ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Керівник		Рябчук О.М.				Д П	61	76
Консульт.						<b>ХМ-4-11СК</b>		
Консульт.								
Затверд.								

Камера №3.

$$M = 0,237 \text{ кг/с}; M_{\text{КМН}\#1} = 0,124 \text{ кг/с}; p = 1/v_1 = 1 / 0,0787 = 12,71 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = 4 * 0,124 / n * 12,71 * 12 = 0,0322 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{\text{зов}} = 42 \text{ мм}; d_{\text{вн}} = 39 \text{ мм}$

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{\text{вн}}^2 * n * p = 4 * 0,124 / 0,039^2 * 12,71 * n = 8,2 \text{ м/с}.$$

Визначаємо діаметр загального нагнітального трубопроводу компресорів.

Камера №1.

$$M = 0,172 \text{ кг/с}; p = 1/v_{2p} = 1 / 0,0238 = 42,02 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = 4 * 0,172 / n * 42,02 * 18 = 0,017 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{\text{зов}} = 28 \text{ мм}; d_{\text{вн}} = 26 \text{ мм}$

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{\text{вн}}^2 * n * p = 4 * 0,172 / 0,026^2 * 42,02 * n = 7,65 \text{ м/с}.$$

Камера №2.

$$M = 0,23 \text{ кг/с}; p = 1/v_{2p} = 1 / 0,0238 = 42,02 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = 4 * 0,23 / n * 42,02 * 18 = 0,02 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{\text{зов}} = 28 \text{ мм}; d_{\text{вн}} = 26 \text{ мм}$

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{\text{вн}}^2 * n * p = 4 * 0,23 / 0,026^2 * 42,02 * n = 10,31 \text{ м/с}.$$

Камера №3.

$$M = 0,237 \text{ кг/с}; p = 1/v_{2p} = 1 / 0,0236 = 42,37 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = 4 * 0,237 / n * 42,37 * 18 = 0,02 \text{ м};$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{зоб} = 28$  мм;  $d_{вн} = 26$  мм

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{вн}^2 * n * p = 4 * 0,237 / 0,026^2 * 42,37 * n = 10,54 \text{ м/с.}$$

Визначаємо діаметр рідинних трубопроводів.

Камера №1.

$$M = 0,086 \text{ кг/с}; p = 1206 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{вн} = 4 * 0,086 / n * 1206 * 1,25 = 0,00852 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{зоб} = 12$  мм;  $d_{вн} = 10$  мм

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{вн}^2 * n * p = 4 * 0,086 / 0,01^2 * 1206 * n = 0,91 \text{ м/с.}$$

Камера №2.

$$M = 0,117 \text{ кг/с};$$

$$d_{вн} = 4 * 0,117 / n * 1206 * 1 = 0,011 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{зоб} = 12$  мм;  $d_{вн} = 10$  мм

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{вн}^2 * n * p = 4 * 0,117 / 0,01^2 * 1206 * n = 1,24 \text{ м/с.}$$

Камера №3.

$$M = 0,124 \text{ кг/с};$$

$$d_{вн} = 4 * 0,124 / n * 1206 * 1,25 = 0,0102 \text{ м};$$

Приймаємо трубу з наступними параметрами:  $d_{зоб} = 12$  мм;  $d_{вн} = 10$  мм

Дійсна швидкість холодоагенту в прийнятій трубі.

$$w = 4 * M / d_{вн}^2 * n * p = 4 * 0,124 / 0,01^2 * 1206 * n = 1,31 \text{ м/с.}$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## 12.2. Розрахунок гідравлічних втрат на лінії всмоктування.

Камера №1

Втрати тиску від тертя на ділянці довжиною 13 м.

$$Re = w * d_{\text{вн.}} / \nu = 9,7 * 0,032 / 3,84 * 10^{-7} = 808333,3;$$

$$a_{\text{тр}} = 0,11 * (k / d_{\text{вн.}} + 64 / Re)^{0,25}$$

$$a_{\text{тр}} = 0,11 * (0,001/0,032 + 64/808333,3)^{0,25} = 0,0463$$

$$P_{\text{тр}} = 0,0463/0,032 * (11,04 * 9,7^2 / 2) * 13 = 9764,6 \text{ Па};$$

Втрата тиску на місцевих опорах.

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів: вентиль запорний (1 шт.)  $E = 1 * 0,5 = 0,5$ ;

коліно 90 (6 шт.)  $E = 6 * 0,5 = 3$ .

$$E = 0,5 + 3 = 3,5;$$

$$P_{\text{м.с.}} = 3,5 * (11,04 * 9,7^2 / 2) = 1817,8 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$P = 9764,6 + 1817,8 + 11,04 * 9,81 * 2 = 11799 \text{ Па} = 11,8 \text{ кПа} = 0,12 \text{ бар.}$$

Камера №2

Втрати тиску від тертя на ділянці довжиною 13 м.

$$Re = w * d_{\text{вн.}} / \nu = 8,9 * 0,039 / 3,84 * 10^{-7} = 903906,3;$$

$$a_{\text{тр}} = 0,11 * (0,001/0,039 + 64/903906,3)^{0,25} = 0,044$$

$$P_{\text{тр}} = 0,044/0,039 * (11,04 * 8,9^2 / 2) * 13 = 6419,8 \text{ Па};$$

Втрата тиску на місцевих опорах.

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів: вентиль запорний (1 шт.)  $E = 1 * 0,5 = 0,5$ ;

коліно 90 (6 шт.)  $E = 6 * 0,5 = 3$ .

$$E = 0,5 + 3 = 3,5;$$

$$P_{\text{м.с.}} = 3,5 * (11,04 * 8,9^2 / 2) = 1530,3 \text{ Па};$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Загальна втрата тиску:

$$P = 6419,8 + 1530,3 + 11,04 * 9,81 * 2 = 8166,7 \text{ Па} = 8,2 \text{ кПа} = 0,08 \text{ бар}$$

Камера №3

Втрати тиску від тертя на ділянці довжиною 18 м.

$$Re = w * d_{\text{вн.}} / \nu = 8,2 * 0,039 / 3,84 * 10^{-7} = 832812,5;$$

$$a_{\text{тр}} = 0,11 * (0,001/0,039 + 64/832812,5)^{0,25} = 0,044;$$

$$P_{\text{тр}} = 0,044/0,039 * (12,71 * 8,2^2 / 2) * 18 = 8687,7 \text{ Па};$$

Втрата тиску на місцевих опорах.

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів: вентиль запорний (1 шт.)  $E = 1 * 0,5 = 0,5$ ;

коліно 90 (6 шт.)  $E = 6 * 0,5 = 3$ .

$$E = 0,5 + 3 = 3,5;$$

$$P_{\text{м.с.}} = 3,5 * (12,71 * 8,2^2 / 2) = 1495,6 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$P = 8687,7 + 1495,6 + 12,71 * 9,81 * 2 = 10432,6 \text{ Па} = 10,4 \text{ кПа} = 0,1 \text{ бар}.$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 13. Техніко-економічні показники

Метою економічного розрахунку є визначення вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на використання електроенергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників економічної ефективності проекту овочесховища у м. Полтава.

При проектуванні даного холодильника виконуються наступні роботи:

- будівництво одноповерхового підвального холодильника;
- вибір та придбання холодильного обладнання;
- укомплектування штату виробничого персоналу холодильника.

#### Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху.

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$P_{річн} = P_{ел} * n$$

де  $n$  - час роботи компресорів та вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 2000 год (час електровідтайки протягом доби приблизно 15 хв = 90 год/рік).

Отриманні данні заносимо до таблиці 13.1.

Таблиця 13.1. - Споживання електроенергії холодильною установкою

№	Найменування обладнання	К-сть	Рел, кВт	2П?ел. кВт	Ррічн, ТИС. кВтгод
1	4TES-8Y-40P	2	5,36	10,72	21,44
2	4NES-12Y-40P	2	7,31	14,62	29,24
3	4PES-10Y-40P	2	6,94	13,88	27,76
4	Вентилятори конденсатора LH248	4	0,4	1,6	3,2
5	Вентилятори конденсатора LH270	8	0,75	6	12
6	Вентилятори повітроохолодників: VNS-64407E	8	0,255	2,04	4,08
7	Вентилятори повітроохолодників: VNS-64457E	16	0,4	6,4	12,8
8	Електровідтайка повітроохолодників в:	6	8	48	4,32
Річна витрата електроенергії					<b>114,87</b>

					00. БКР 142.009.011.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Коновалов І.Ю.			Лит.	Лист	Листів
Керівник		Рябчук О.М.			Д	П	66 / 76
Консульт.					ХМ-4-11СК		
Консульт.							
Затверд.							

**Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання.**

Витрати на монтаж приймаємо 20% від вартості обладнання.

Інші витрати складають 5% від вартості обладнання.

Отримані дані заносимо до таблиці 13.2.

Таблиця 13.2. - Витрати на придбання обладнання.

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн				Загальні витрати, тис. грн
		Ціна за одиниц	Разом	Монтаж	Інші витрати	
4TES-8Y-40P		106,8	213,6	42,7	10,7	267
4NES-12Y-40P		129	258	51,6	12,9	322,5
4PES-10Y-40P		115,3	230,6	46,1	И,5	288,2
Вентилятори конденсатора		84,3	84,3	16,9	4,2	105,4
Вентилятори конденсатора		125,3	250,6	50,1	12,5	313,2
Повітроохолодник VNS-		217,7	435,4	87,1	21,8	544,3
Повітроохолодник VNS-		296,1	1184,	236,	59,2	1480,5
Ресивер FS562		33,5	33,5	6,7	1,7	41,9
Ресивер FS732		37,1	74,1	14,8	3,7	92,6
Віддільник рідини LTG 6/35		3,4	20,4	4,1	1,0	25,5
Мастиловіддільник Castel		5,39	32,3	6,5	1,6	40,4
Віброгасник DN 32		2,31	13,9	2,8	0,7	17,4
Віброгасник DN 25		3,12	18,7	3,7	0,9	23,3
Механічний фільтр Castel		3,2	19,2	3,9	1,0	24,1
Механічна фільтруюча вставка		1,2	7,2	1,4	0,4	9,0
Зворотній клапан Castel 3122/7		1,96	11,8	2,4	0,6	14,8
Регулятор тиску конденсації		8,54	25,6	5,1	1,3	32,0
Регулятор тиску конденсації		2,87	8,6	1,7	0,4	10,7
Фільтр-осушник Castel 4375/7S		2,3	7,0	1,4	0,3	8,7
Фільтр мастила FYG 53 S		0,63	3,8	0,8	0,2	4,8
Індикатор вологи Castel 3740/7		0,98	2,9	0,6	0,2	3,7
Індикатор вологи Castel		0,63	6,8	0,8	0,3	7,9
Шаровий вентиль Castel 6590/7		1,68	5,0	1,0	0,3	6,3
Шаровий вентиль Castel		1,1	13,2	2,6	0,7	16,5
Шаровий вентиль Castel		3,05	27,4	5,5	1,4	34,3
Соленоїдний вентиль Castel		1,72	3,4	0,7	0,2	4,3
Соленоїдний вентиль Castel		1,8	7,2	1,4	0,4	9,0
Електрорегулюючий вентиль в		7,0	42	8,4	2,1	52,5
Комплект автоматики		17,5	52,5	10,5	2,6	65,6
Трубопроводи та фітинги		35	35	7	1,8	43,8
Металоконструкції		7,0	7,0	1,4	0,4	8,8
<b>Всього</b>						<b>3920</b>

**Річна витрата коштів на оплату спожитої електроенергії** холодильником і компресорним цехом.

Ціна за 1 кВт. год електроенергії -  $C_{ел} = 2,3553$  грн.

$$V_{ел,р} = P_p * C_{ел} = 114840 - 2,3553 = 270482,65 \text{ .грн} = 270,48 \text{ тис.грн}$$

**Масило** купується для компресорів за ціною 840 грн. за 1л. Максимально необхідно 15л що коштує 12,6 тис.грн.

**Холодоагент** R134а коштує 227 грн. за 1кг. Необхідно 1480 кг що коштує  $227 - 1480 = 335,96$  тис.грн.

### **Розрахунок витрат на оплату праці**

Таблиця 13.3 - Фонд заробітної плати робітників компресорного цеху:

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/міс	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Слюсар-ремонтник	5000	1	5000	60000

### **Визначення амортизаційних відрахувань.**

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання - 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = XB_{обл} - 0,22 = 3919 - 0,22 = 862,2 \text{ тис. грн.}$$

### **Визначення інших видів витрат.**

До інших витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати, які розраховуються як окремі статті.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 20% від амортизаційних відрахуваньна обладнання:

$$V_{рем} = A_{обл} - 0,20 = 862,2 - 0,20 = 172,4 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$V_{пуск} = B_{обл} - 0,02 = 3919 - 0,02 = 78,4 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$V_{ін} = A_{обл} - 0,03 = 862,2 - 0,03 = 25,9 \text{ тис. Грн}$$

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Загальна сума інших витрат складає:

$$EB = B_{рем} + B_{пуск} + B_{ін} = 172,4 + 78,4 + 25,9 = 276,7 \text{ тис. грн}$$

Результати розрахунків зводимо у порівняльну таблицю собівартості енергії табл. 13.4.

Таблиця 13.4. - Економічні показники

Статті витрат	Значення витрат, тис. грн
Електроенергія	270,48
Мастило	12,6
Холодильний агент R134a	335,96
Оплата праці	60,0
Амортизація	862,2
Інші витрати	276,7
<i>Разом</i>	1817,94

Кількість виробленого холоду за рік (за період роботи):

$$2000 * (2 * 12,41 + 2 * 16,88 + 2 * 18,14) = 189720 \text{ кВт*год}$$

Собівартість холоду:

$$C = 1817,94 \text{ тис.грн} / 189720 \text{ кВт*год} = 9,58 \text{ грн/(кВт*год)}$$

## 14. Охорона праці

Власник або уповноважений ним орган розробляє за участю професійних спілок і реалізує комплексні заходи щодо охорони праці відповідно до Закону України «Про охорону праці». План заходів щодо охорони праці включається до колективного договору.

1. Закон України «Про охорону праці» регулює комплекс питань, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. На його основі та усєї системи законодавства України про охорону праці власник за участю професійних спілок розробляє і реалізує комплекс заходів щодо охорони праці з метою запобігання виникненню нещасних випадків і професійних захворювань на виробництві.

2. План заходів щодо охорони праці включається до колективного договору. Він охоплює систему заходів щодо доведення умов праці до встановлених норм безпеки, гігієни праці та виробничого середовища:

— проведення атестації робочих місць на їх відповідність нормативним актам про охорону праці;

— забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту;

— реалізація заходів щодо усунення безпосереднього контакту працівників із шкідливими речовинами і матеріалами, іншими несприятливими та небезпечними факторами виробництва;

— впровадження систем автоматичного контролю та сигналізації наявності шкідливих і небезпечних виробничих факторів, пристроїв аварійного вимкнення виробничого устаткування та комунікацій у разі виникнення небезпеки для працівників;

— впровадження устаткування та пристроїв, які забезпечують захист працівників від ураження електричним струмом, дії статистичної електрики та розрядів блискавок;

					00. БКР 142.008.011.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Коновалов І.Ю.			Проект овочесховища місткістю 850 т у м. Полтава.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		Рябчук О.М.				Д П	70	76
<i>Консульт.</i>						ХМ-4-11СК		
<i>Консульт.</i>								
<i>Затверд.</i>								

— приведення рівнів шуму, вібрації, ультразвуку, іонізуючих та інших шкідливих випромінювань на робочих місцях у відповідність до вимог чинних нормативних актів;

— проведення експертизи технічного стану будівель та споруд, експертизи та діагностики потенційно небезпечних об'єктів, устаткування, обладнання;

— створення кабінетів, куточків, виставок з питань охорони праці, придбання потрібних нормативних документів, навчальних посібників, плакатів, періодичної літератури;

— навчання працівників, проведення нарад, семінарів з питань охорони праці;

— реконструкція та оснащення на виробництві санітарно-побутових приміщень (гардеробних, душових, кімнат для прийняття їжі), місць організованого відпочинку, обладнання їх сучасним інвентарем і устаткуванням з метою доведення рівня забезпеченості працівників до встановлених норм.

### **Техніка безпеки при експлуатації холодильної установки**

Холодильні установки призначені для підтримання визначеної температури у холодильних камерах. У зв'язку з наявністю у холодильних установках холодоагентів – хладонів, що знаходяться під значним тиском і мають небезпечні властивості, експлуатація їх вимагає суворого дотримування техніки безпеки і технічних умов. При розгерметизації холодильної установки в навколишнє середовище може виділитись одночасно велика маса холодоагенту і мастила, що являє собою реальну небезпеку для людей та навколишнього природного середовища.

Конструкція апаратів (посудин) кожної холодильної установки, їх експлуатація і технічне опосвідчення підприємством-власником (обслуговуючою організацією) повинні відповідати вимогам Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

Адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити холодильні установки необхідним штатом обслуговуючого персоналу або укласти договір зі спеціальною організацією на комплексне технічне обслуговування автоматизованих холодильних установок.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

## **Виробнича санітарія.**

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

На ділянках для промивки повинна працювати приточно-витяжна вентиляція, а система пожежогасіння бути справною.

Обов'язково робочі місця повинні забезпечуватися природним освітленням. Для цього в приміщенні встановлюють вікна.

Робітники повинні забезпечуватися спецодягом, вид якого визначається в залежності від виконання типу робіт. Одяг має бути застебнутим, без дефектів, відповідати вимогам. В окремих випадках до складу спецодягу можуть входити захисні окуляри, навушники, респіратори.

До санітарно-побутових приміщень належать: приміщення для збереження домашнього одягу і спецодягу, для сушіння, знепилювання і ремонту, душові, умивальні, вбиральні, приміщення для особистої гігієни жінки, їдальні, буфети та кімнати для приймання їжі.

На будівельних майданчиках поблизу робочих місць мають бути місця для відпочинку, куріння, обладнанні протипожежними засобами, захисним укриттям від атмосферних опадів та сонячної радіації.

Гардеробні, умивальні, душеві приміщення для приймання їжі розміщують на будівельному майданчику не далі ніж за 500м від робочих місць. Площа кожного приміщення залежить від максимальної кількості працюючих на монтажу чи будівництві й норм площі на одного працюючого. Якщо роботи ведуться на відкритому повітрі чи в неопалених будівлях у зимовий час, то приміщення для обігрівання робітників та захисту їх від атмосферних опадів розміщують на відстані не більш, як 150м від робочих місць. Площа приміщень визначається з розрахунку 0,1 м<sup>2</sup> на одного працюючого, але не менше як 8 м<sup>2</sup>. В даному проекті вона становить 28 м<sup>2</sup>.

На будівництві, де кількість працюючих становить 300-800 чоловік передбачається фельдшерський медпункт, а де 800-1500 чоловік лікарський медпункт. Відстань від медпункту не повинна перевищувати 600-800 м. На кожному об'єкті монтажу повинна бути аптечка з перев'язувальними і

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

лікувальними засобами для надання першої допомоги у разі поранення, порізів, вивихів і опіків.

Кожний будівельно-монтажний майданчик забезпечують питною водою, для чого встановлюють фонтанчик, чи бачки на відстані 75м від місць роботи.

Входи в санітарно-побутові приміщення обладнують тамбурами, а перед ними встановлюють пристрої для чищення і миття взуття. Біля санітарно-побутових приміщень бажано передбачати місця для відпочинку робітників, спортивні майданчики, а для провітрювання цих приміщень квартирки та фрамуги, що відкриваються.

Територія біля санітарно-побутових приміщень повинна бути чистою. В літній час проїзди і проходи біля цих приміщень треба поливати водою, а в зимовий очищати від снігу та посипати піском. В усіх санітарно-побутових приміщеннях і також у виробничих приміщеннях потрібно підтримувати нормативний вологотемпературний режим, передбачити їхню природну вентиляцію, а в душових, вбиральнях - вентиляцію з механічним включенням.

При розміщенні санітарно-побутових приміщень слід враховувати відстань від місць виконання робіт і забезпечення коротких транспортних чи пішохідних шляхів о них. Комплектування і об'єднання тимчасових споруд повинні забезпечити сприятливі умови для природного освітлення і провітрювання приміщень, не можливість санітарного і пожежного впливу з одного об'єкту на інший. Тимчасові будівлі потрібно зміщувати не ближче ніж за 50 м від підприємства, що виділяють у повітря пил і токсичні речовини.

### **Протипожежні заходи.**

Вибухи при роботі компресорів можуть відбуватися внаслідок перевищення тиску стисненого повітря, підвищення його температури при стисненні та утворення вибухонебезпечних сумішей кисню з продуктами розкладу мастил, а також при порушенні вимог безпеки в процесі обслуговування, експлуатації та догляду за технічним станом компресорів. Вони призводять до руйнування обладнання, будівлі, а також можуть призвести до травмування обслуговуючого персоналу.

Холодильні установки небезпечні, тому що холодоагенти, які використовуються в них, можуть спричинити отруєння, а суміш холодоагенту із повітрям може бути вибухонебезпечною.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Для безаварійної експлуатації компресорних і холодильних установок необхідно суворо дотримуватися правил безпеки.

Компресорні установки є небезпечними, тому що при стисненні повітря від атмосферного тиску до 1 МПа його температура може підвищитись з 20 °С до 300 °С, мастила при цьому частково випаровуються, а при надмірному змащуванні розпилюються у вигляді туману, що може утворювати вибухонебезпечну суміш з повітрям. Дотримання вимог до мастил та режимів змащування у поєднанні з надійним охолодженням є основним заходом попередження вибухів парів мастила при його розкладі. У компресорах низького тиску і малої продуктивності достатньо повітряного охолодження, а в інших необхідно застосовувати водяне охолодження.

Кожна компресорна установка повинна бути оснащена системою автоматики та контролю, арматурою, манометрами, запобіжними клапанами, термометрами і термопарами, контактними пристроями та іншими приладами контролю, що забезпечують її надійну і безаварійну роботу. Компресори продуктивністю біля 50 м<sup>3</sup>/хв мають бути обладнані пристроями для автоматичного регулювання тиску нагнітання.

Компресорні станції з трьома і більше компресорами обладнуються системою дистанційного контролю, сигналізацією роботи установок і блокуючими пристроями, які автоматично вимикають привод компресора за перевищення температури і тиску стисненого повітря та температури води, що надходить з компресора після охолодження.

Вибухи та аварії холодильних установок інколи трапляються внаслідок гідравлічного удару, відмови запобіжних пристроїв і розриву нагнітального трубопроводу чи балонів з холодильним агентом та витoku холодоагента (фреону) крізь нещільні з'єднання..

Компресори, як правило, слід розміщувати в окремих одноповерхових будівлях. Допускається розміщення компресорів продуктивністю до 20 м<sup>3</sup>/хв у прилягаючих приміщеннях за умови відокремлення від суміжних приміщень перегородкою, висотою не менше як 3 м і товщиною не менше ніж 12,5 см. Окремі компресори продуктивністю до 10 м<sup>3</sup>/хв можуть встановлюватися на нижніх поверхах багатоповерхових виробничих будівель за умови їх відокремлення глухими вогнестійкими стінами.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Машинне й апаратне відділення холодильних установок не слід з'єднувати проходом з виробничими приміщеннями. Вони обладнуються проточною вентиляцією з підігрівом повітря у холодний період року, яка забезпечує двократний повітрообмін, аварійною вентиляцією, аварійним освітленням та двома евакуаційними виходами.

### Заходи щодо енергоефективності

Усі промислово розвинуті країни, починаючи з 70-х років, застосовують на практиці закони про енергозбереження, що відповідають критеріям державним умовам.

Для оздоровлення економіки і всієї нації необхідно розробити загальнодержавну програму енергетичного виховання й освіти.

Після підписання Кіотського протоколу, який зобов'язав знизити викиди на 8% до 2010 року, від 2000 року простежується чітка тенденція до зменшення залежності від нафти й газу та збільшення виробництва чистої відновлювальної енергії.

Відповідно до скоригованої версії Монреальського протоколу з 1 січня 1996 р. заборонено застосування озоннебезпечного холодагенту R12, а з 2000 р. - R22. Тому в дипломному проекті для холодильної установки фруктосховища застосовуємо фреон R134A.

Для освітлення застосовані сучасні компактні люмінесцентні лампи, розсувні двері - для зменшення теплопритоків.

Підвищення ефективності використання енергії збільшить надійність енергопостачання, покращить екологічні умови і знизить витрати енергії.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

## Список використаної літератури

- 1) Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223С.
- 2) Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / под ред. Н.Н. Кошкина Л.: Машиностроение, 1976 -464 с.
- 3) Сақун И.А. «Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин» - Л.: Машиностроение, 1987 -423с.
- 4) Холодильные компрессоры: Справочник / под ред. Быкрва. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 - 224с.
- 5) Константинов М.И. Проектирование холодильных машин и установок
- 6) Вейнберг Б.С. Поршневые компрессоры холодильных машин. М.: Машиностроение, 1965 -355с.
- 7) Данилова Т.Н., Богданов С.Н. и др.; под общей ред. Д-ра техн. Наук Г.Н. Даниловой «Теплообменные аппараты холодильных установок - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1986 - 303 с.
- 8) Резенфельд Л.М. и Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госториздат, 1960.
- 9) Тимофеевский Л.С. Холодильные машины - СПб.: Политехника, 1997 - 992с.
- 10) Чумак И.Г. и др. Холодильные установки - М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981 - 344с.

					00. БКР 142.008.011.ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		