

**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)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

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

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

« 13 » _____ червня _____ 2025р.

« 13 » _____ червня _____ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Холодильні техніка та технології

на тему: Проект фруктоовочесховища місткістю 5000т. у м. Херсон

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-4

Постоева Андрія Віталійовича

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник

Масліков. М.М.

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент

Філоненко В.М.

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад.
І.С.Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“10” квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Постоева Андрія Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект фруктоовочесховища місткістю 5000т. у м. Херсон

керівник роботи доц. Масліков М.М.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 10.04.2025 року № 218-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи Місткість складу 5000 т.

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

Вступ

1. Технологічна частина

2. Об'ємнопланувальне рішення холодильного складу

3. Вибір та розрахунок теплоізоляції

4. Розрахунок теплонадходжень

5. Визначення навантаження на компресори і теплообмінне обладнання камер

6. Визначення системи охолодження та типу холодильної установки

7. Вибір основного та допоміжного устаткування

8. Економічна частина

9. Охорона праці

Список використаних джерел

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі та розріз

2. Гідравлічна схема

Анотація

У дипломному проєкті розглянуто питання створення сучасного фруктоовочесховища загальною місткістю 5000 тонн у місті Херсон. У структурі зберігання передбачено окремі камери для шести основних видів сільськогосподарської продукції: картоплі (1500 т), капусти білокачанної (800 т), моркви (800 т), буряка (600 т), винограду (800 т) та полуниці (500 т). Робота охоплює повний цикл – від надходження, сортування й попереднього охолодження продукції до її зберігання та реалізації.

Для забезпечення високої якості та тривалого зберігання продукції обґрунтовано застосування камер з активним охолодженням, камер з регульованим газовим середовищем (РГС) для винограду, а також камер шоквої заморозки та низькотемпературного зберігання для полуниці. Запропоновано використання двоступеневої комбінованої холодильної установки з трьома рівнями кипіння аміаку: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Камери з додатною температурою охолоджуються за допомогою проміжного холодоносія – 35 % розчину пропіленгліколю.

У роботі виконано об'ємно-планувальні рішення, визначено параметри камер, розраховано теплопритоки, витрату холодоагенту, гліколю, електроенергії. Наведено підбір компресорного, теплообмінного, насосного та допоміжного обладнання, здійснено перевірку енергоефективності та санітарної безпеки об'єкта. Проєкт враховує вимоги екологічності, сучасних технологій зберігання та охолодження продукції, а також оптимальної логістики всередині сховища.

Ключові слова: фруктоовочесховище, аміачні ХУ, комбінована компаундна двоступенева схема, R717.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив.		Постоев А.В.			Проєкт фруктоовочесховища місткістю 5000т. у м. Херсон	Лит.	Аркуш.	Аркушів
Перевірив.		Масліков М. М.					4	111
Н. Контр.						НУХТ, ТЕХТ, ХМ-4-4		
Затв.		Петренко В. П.						

Abstract

This diploma project addresses the development of a modern fruit and vegetable storage facility with a total capacity of 5,000 tons, located in Kherson, Ukraine. The facility is designed to handle six key crop types: potatoes (1500 tons), white cabbage (800 tons), carrots (800 tons), beets (600 tons), grapes (800 tons), and strawberries (500 tons). The project encompasses the full process chain: product intake, sorting, pre-cooling, storage, and market delivery.

To ensure high quality and long-term storage, the project proposes the use of forced-air cooling chambers for most products, controlled atmosphere chambers (CAS) for grapes, and blast freezing chambers for strawberries followed by deep frozen storage. A two-stage ammonia-based refrigeration system is selected, operating with three evaporating temperatures ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, and $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$). Medium-temperature chambers use a secondary refrigerant – a 35% propylene glycol solution cooled by ammonia in a plate heat exchanger.

The project includes spatial and functional layout planning, sizing of storage chambers, heat load calculations, and estimation of refrigerant, glycol and electricity consumption. The appropriate selection of compressors, heat exchangers, pumps, and auxiliary equipment is carried out. Special attention is paid to energy efficiency, environmental friendliness, and compliance with food hygiene standards. The design integrates modern storage technologies, flexible logistics, and sustainable cold chain principles.

Key words: fruit and vegetable storage, ammonia refrigeration units, combined compound two-stage system, R717

					00 ДП.142.014.008.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Project of a 5,000-ton fruit and vegetable storage facility in Kherson	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив.</i>		<i>Постоев А.В.</i>					5	111
<i>Перевірив.</i>		<i>Масліков М. М.</i>				НУХТ, TEXT, XM-4-4		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Петренко В. П.</i>						

Зміст

Вступ	8
1. Технологія зберігання овочів і фруктів у фруктоовочесховищі	9
1.1 Технологія оброблення продукції	9
1.2 Приймання, сортування та попередня обробка	10
1.3 Попереднє охолодження	11
1.4 Шокова заморозка (для полуниці)	11
1.4.1 Шокфризери	12
1.5 Зберігання картоплі	13
1.6 Зберігання моркви та буряка	13
1.7 Зберігання капусти білокачанної	14
1.8 Зберігання винограду в регульованому газовому середовищі (РГС)	14
1.9 Зберігання замороженої полуниці	15
1.10 Завершення зберігання та реалізація	15
1.11 Пакування продукції	15
1.11.1 Вантажні пакети полуниці та винограду на етапі надходження	15
1.11.2 Вантажні пакети полуниці та винограду на етапі зберігання	16
1.11.3 Стелажне зберігання замороженої полуниці	16
1.11.3 Стелажне зберігання винограду	17
1.11.4 Овочеві контейнери	18
1.12 Розрахунок тривалості замороження полуниці	19
2. Об'ємно-планувальне рішення холодильника	23
2.1 Будівельна конструкція	23
2.2 Розрахунок площі камер охолодження аналітичним способом	24
2.3 Розрахунок площі камер графічним методом	25
2.3 Розрахунок площі допоміжних приміщень	27
2.4 Загальний план сховища	27
2.5 Теплоізоляція	29
2.5.1 Вибір теплоізоляційного матеріалу	29
2.5.2 Розрахунок товщини теплоізоляції	29
2.5.3 Камери зберігання	31
2.5.4 Камери охолодження	32
2.5.5 Внутрішні стіни між камерами зберігання полуниці та іншими камерами:	33
2.5.6 Внутрішні стіни між охолоджуваними та неохолоджуваними приміщеннями:	33
2.5.7 Товщина теплоізоляції підлоги з підігрівом в камері зберігання замороженої полуниці	34
2.6 Теплонадходження	35
2.6.1 Теплонадходження через огороджувальні конструкції	35
2.6.2 Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці	42
2.6.3 Теплонадходження від вентиляції приміщень	44
2.6.4 Експлуатаційні теплонадходження	45
2.6.5 Визначення навантаження на обладнання	50

2.6.6 Вибір системи охолодження та типу холодильної установки.....	51
3. Розрахунок холодильної машини	54
3.1 Вибір розрахункового режиму роботи холодильної машини	54
3.2 Тепловий розрахунок.....	55
3.2.1 Вибір компресора	55
3.2.2 Підбір мастилоохолодника.....	60
3.2.3 Підбір випарного конденсатора.....	62
3.2.4 Підбір пластинчатого випарника для проміжного теплоносія.....	63
3.2.5 Підбір випарників для камери зберігання полуниці.....	65
3.2.6 Підбір повітроохолодників.....	66
3.2.7 Розрахунок трубопроводів	80
3.2.8 Підбір віддільника рідини	86
3.2.9 Підбір лінійного ресивера та дренажного ресивера.....	87
3.2.10 Підбір циркуляційного ресивера	88
3.2.11 Підбір мастиловіддільників.....	88
3.2.12 Підбір циркуляційних насосів.....	91
4. Техніко-економічний розрахунок.....	93
5. Охорона праці	95
5.1 Загальні положення	95
5.2 Характеристика виробничих умов	95
5.3 Вимоги до мікроклімату та освітлення	95
5.4 Вимоги до охорони праці при роботі з аміачними холодильними установками	96
5.5 Пожежна безпека	96
5.6 Засоби індивідуального захисту.....	96
5.7 Медичне забезпечення	97
Список використаної літератури	98
Додатки.....	100

Вступ

Раціональна організація післязбирального оброблення та зберігання сільськогосподарської продукції є важливою складовою забезпечення продовольчої безпеки країни та стабільного функціонування внутрішнього ринку. З огляду на кліматичні особливості України, зокрема південного регіону, створення сучасних фруктоовочесховищ із належними умовами зберігання продукції дозволяє мінімізувати післязбиральні втрати, продовжити терміни реалізації продукції та зберегти її якість.

Херсонська область традиційно є одним з лідерів в Україні за обсягами вирощування овочів, коренеплодів та фруктів, зокрема картоплі, капусти білокачанної, моркви, буряка, винограду та полуниці. Однак значна частина врожаю втрачається через відсутність або недосконалість інфраструктури зберігання, особливо в міжсезоння. Саме тому актуальним є проектування сучасного фруктоовочесховища, яке дозволить забезпечити неперервне постачання свіжої та якісної продукції на ринок впродовж усього року.

Метою дипломного проєкту є розробка технічного рішення фруктоовочесховища загальною місткістю 5000 тонн, яке передбачає зберігання таких видів продукції: картопля (1500 т), капуста білокачанна (800 т), морква (800 т), буряк (600 т), виноград (800 т) та полуниця (500 т). У проєкті враховано особливості зберігання кожного виду продукції, використання штучного охолодження, камер з регульованою газовою атмосферою (для винограду) та шокової заморозки (для полуниці).

У дипломному проєкті розглянуто технологічну схему приймання, сортування, охолодження та зберігання продукції, підібрано відповідне холодильне обладнання, визначено теплове навантаження, здійснено розрахунки теплотехнічних характеристик камери, енергоспоживання, а також економічне обґрунтування доцільності реалізації даного об'єкта.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. Технологія зберігання овочів і фруктів у фруктоовочесховищі

1.1 Технологія оброблення продукції

Для забезпечення високої якості та тривалого зберігання овочів і фруктів у фруктоовочесховищі, передбачається впровадження технологічної схеми, що включає послідовність технологічних операцій: від приймання продукції до її реалізації після зберігання (див. рис 1) [1]. Основна мета — зберегти товарну якість, мінімізувати втрати та забезпечити стабільність параметрів зберігання протягом усього періоду.



Рис. 1 - Технологічна схема оброблення продукції

1.2 Приймання, сортування та попередня обробка

Продукція надходить на сховище з пункту збирання у вигляді щоденних поставок, обсяг яких варіюється в залежності від типу культури. Температура надходження продукції визначається за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. “Будівельна кліматологія”. (Див. Таблиця 1)

Таблиця 1 - Розрахункове добове надходження продукції

Назва продукту	Місяці збору	Терміни збору	Добове надходження	Температура надходження
Картопля столова	8-9	14 діб	110 т/добу	22°C
Капуста	9-10	10 діб	80 т/добу	13,3°C
Морква	9-10	10 діб	80 т/добу	13,3°C
Буряк	9-10	7 діб	85т/добу	13,3°C
Виноград Молдова	9-	10 діб	80 т/добу	16,5°C
Полуниця	6-7	14 діб	35 т/добу	21,2°C

Добове надходження пораховане як загальна розрахункова маса продукції поділена на кількість діб збору врожаю. Після надходження в приймальний цех продукцію зважують, оглядають, відбраковують пошкоджені або неякісні плоди та проводять сортування за розміром, вагою або товарним виглядом. Для зменшення мікробного навантаження можливе промивання або обдування повітрям. Продукція пакується у відповідну тару: пластикові ящики 600x400x100мм або дерев'яні овочеві контейнери 1600x1200x1200мм. (Див. пункт “1.11 пакування продукції”). [9,13]

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.3 Попереднє охолодження

Після процедури приймання товар, залежно від культури, надходить до камер попереднього охолодження, де його температуру наближають до температури зберігання. Цей етап дозволяє зменшити теплове навантаження на обладнання, що сприяє позитивному економічному ефекту. Залежно від виду продукції, використовуються різні методи попереднього охолодження:

- **Морква, капуста, буряк** — охолоджуються за допомогою штучного охолодження. Температура знижується до +5 °С протягом 12–24 годин. [1]
- **Виноград** охолоджується в безпосередньо в камері зберігання до температури +3 °С протягом 4–6 годин після надходження, щоб уповільнити дихання та запобігти грибковим ураженням. [1,3,5]
- **Полуниця** направляється в камеру тимчасового зберігання де вона охолоджується до +5°С, після чого направляється на заморозку в шоківий фризер. [1,4]

1.4 Шокова заморозка (для полуниці)

Полуниця надходить до плодоовочесховища в пластикових ящиках 600x400x100 [13]. Після сортування й попереднього охолодження до +5°С транспортується до тунельного флюїдизаційного шоківого фризера де вона заморожується. Заморожування відбувається за температури -35°С з циркуляцією повітря 5 м/с. Тривалість заморожування має бути менше 2 годин до досягнення температури продукту -20°С у центрі ягоди (див. 1.11 Розрахунок тривалості замороження полуниці). В пакувальному приміщенні після заморозки полуниця затарюється в герметичні пакети, які кладуть у картоні ящики 368×573×95 мм [10], та поміщається у морозильні камери для довготривалого зберігання на в'їзних стелажах при температурі -25°С (Див. 1.9 Зберігання замороженої полуниці). [1,7].

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.4.1 Шокфризери

Для забезпечення заморозки добового надходження полуниці нам необхідно встановити шокфризер з такою продуктивністю, яка зможе забезпечити безперебійну та стабільну заморозку продукції. З урахуванням роботи в декілька змін, часу на відтаювання та санітарну обробку приймаємо 16 робочих годин апарату.

Розрахунок необхідної продуктивності шокфризерів:

$$\text{Продуктивність} = \frac{\text{добове надходження, кг}}{\text{кількість робочих годин}} = \frac{35000}{16} = 2187 \text{ кг/год} \quad (1.1)$$

Для того щоб забезпечити продуктивність обробки 2187 кг/год потрібно встановити 2 шокфризери продуктивністю 1000 та 1500 кг/год, що забезпечить необхідний запас та гнучкість роботи.

Потрібні апарати шокової заморозки є у китайської компанії Yurnfreeze, а саме моделі TBF-1000 та TBF-1500. Технічні дані цих апаратів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Технічні характеристики шокфризерів [11]

Модель	Продуктивність, кг/год	Холодоспоживання, кВт	Температура продукту на виході, °C	Електрична потужність, кВт	Температура заморожування, °C
TBF-1000	1000	180	-20	53	-35
TBF-1500	1500	240	-20	75	-35

Габаритні розміри TBF-1000 7500x4300x3300 мм, а TBF-1500 11000x4300x3300 мм. Розташовуватись вони будуть в окремій камері, яка буде поділена на дві частини: перша частина- камера заморозки полуниці, де буде завантажуватись полуниця в шокфризер при температурі +5°C, друга частина- пакувальний цех, де вже заморожена полуниця буде пакуватись у герметичне пакування перед відправкою на зберігання. Температура в пакувальному цеху +0°C для запобігання размороженню продукції. [11]

1.5 Зберігання картоплі

Картопля після сортування направляється у тимчасове сховище де проходить лікувальний період — 10–14 діб при температурі +13...+18 °С і відносній вологості 90–95 % при постійній циркуляції повітря в камері. Це сприяє загоєнню механічних пошкоджень. Після цього картоплю перегружають до основної камери зберігання де вона зберігається в основному режимі: температура поступово, з кроком 0,5-1,0°С на добу, знижується до +3...+6 °С при вологості 85-95%. Кратність циркуляції в основному режимі 20-30 об'ємів незавантаженої камери/год. Циркуляція: постійна у фазі охолодження, періодична (3 год/добу) — під час основного зберігання. Тривалість зберігання: до 8 місяців. Зберігається картопля у дерев'яних овочевих контейнерах 1600x1200x1200мм. [1,2,5,8,9]

1.6 Зберігання моркви та буряка

Попередньо відсортована та охолоджена продукція зберігається в овочевих сітчастих контейнерах у дерев'яних овочевих контейнерах 1600x1200x1200мм [9], висота штабелю до 4,8м. В камері довгострокового зберігання продукція зберігається за наступних умов:

- Температура: 0...+1 °С
- Вологість: 95–98 %
- Циркуляція: 100–120 м³/т/год
- Повітрообмін: 2–3 об'єми камери/добу через повітроохолоджувач
- Після охолодження — періодична циркуляція по 0,5 год/до 3 год/добу
- Строк зберігання: 4–6 місяців

Перед вивантаженням морква повинна бути прогріта до температури вище точки роси на 0,5–1,5 °С для запобігання утворенню конденсату. [1,5]

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.7 Зберігання капусти білокачанної

Капусту завантажують в таких самих контейнерах як і картоплю або моркву в камеру постійного зберігання. Перед зберіганням вона попередньо охолоджується до температури близької до температури зберігання, після чого зберігається в основному режимі довгострокового зберігання за таких параметрів:

- Температура: 0...+1 °С (не нижче -0,8 °С)
- Вологість: 90–95 %
- Повітрообмін: кратність циркуляції повітря 20–30 об/год
- Вентиляція: щоденно в період охолодження, далі — кожні 3 доби
- Строк зберігання: 3–6 місяців

Також важливо забезпечити обмін повітря із зовнішнім середовищем (2–3 об'єми камери/добу) для запобігання накопиченню CO₂. [1,5]

1.8 Зберігання винограду в регульованому газовому середовищі (РГС)

Охолодження винограду здійснюється безпосередньо в камері РГС. При загрузці винограду до камери необхідно досить швидко знизити його температуру до +3°С, а саме за 4-6 годин щоб уповільнити дихання та запобігти грибковим ураженням. Після чого виноград зберігається в режимі довготривалого зберігання в регульованому газовому середовищі за наступних умов:

- Температура: 0...+1 °С
- Вологість: до 95 %
- Газове середовище: 3–5 % O₂, 4–5 % CO₂
- Тривалість зберігання: до 4 місяців

Камери оснащені системою газового моніторингу та сорбентами етилену. Атмосфера оновлюється через фільтраційні вузли кожні 3–4 доби. [1,3]. Виноград протягом періоду зберігання періодично обробляється діоксидом сірки (SO₂) для запобігання утворення мікрофлори на ньому[3].

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.9 Зберігання замороженої полуниці

Після шокового заморожування та затарювання в герметичне пакування полуниця зберігається в морозильних камерах при таких умовах:

- Температурі: -25 °С
- Вологість: 90–95 %
- Упаковка: поліетиленові пакети
- Тривалість зберігання: до 10–12 місяців

Заморожена продукція транспортується лише в рефрижераторному транспорті при температурі не вище -18 °С. [1,4]

1.10 Завершення зберігання та реалізація

Перед відвантаженням овочі поступово пристосовуються до температури довкілля. Використовується обдування теплим повітрям для уникнення конденсації. Вся продукція після зберігання направляється до фасування, пакування або реалізації в торговельну мережу.

1.11 Пакування продукції

1.11.1 Вантажні пакети полуниці та винограду на етапі надходження

Полуниця та виноград надходять на підприємство в пластикових ящиках розміром 600×400×100 мм [13], розташованих на європалетах 1200×800×144 мм. Розміри ящиків були спеціально підібрані з урахуванням того що полуниця та виноград фасуються у ящики невеликим за висотою насипом, щоб уникнути роздавлення та порчі продукції. Кожний вантажний пакет містить 4 ящики в ряд по 9 ярусів, тобто 36 ящиків. Маса продукту в одній такій палеті становить:

$$m = 4\text{ящики} * 9\text{ярусів} * 6\text{кг} = 216\text{кг} \quad (1.2)$$

Висота вантажного пакету була підібрана з урахуванням висоти камери транспортування стандартного вантажного авторефрижератора

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

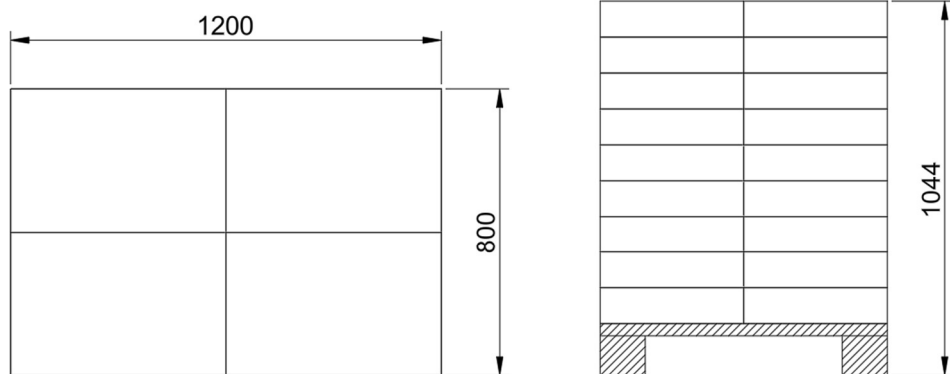


Рис. 2 - Вантажний пакет з пластиковими ящиками

1.11.2 Вантажні пакети полуниці та винограду на етапі зберігання

Полуницю після заморожування та виноград на етапі приймання перепаковують у картонні ящики розміром 368×573×95 мм [10], які укладаються по 4 в ряд у 10 ярусів. Загальна маса одного пакету

$$m = 4\text{ящики} * 10\text{ярусів} * 6\text{кг} = 240\text{кг} \quad (1.3)$$

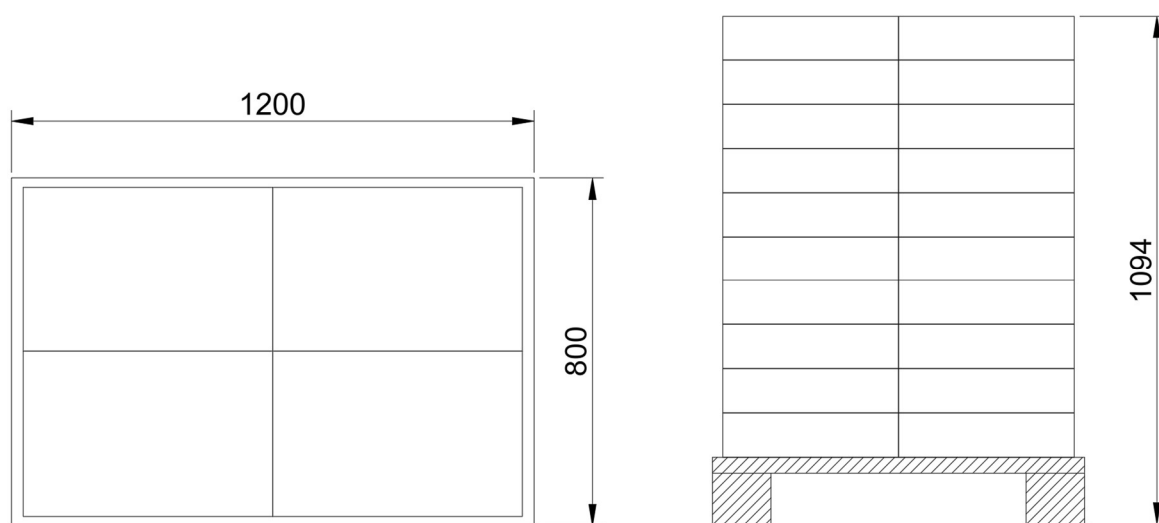


Рис. 3 - Вантажний пакет з картонними ящиками

1.11.3 Стелажне зберігання замороженої полуниці

Оскільки полуниця зберігається довготривало та без необхідності постійних перевірок її стану, зберігають її на в'їзних стелажах. Такий спосіб зберігання, в порівнянні зі звичайним стелажним зберіганням, значно зменшує необхідну площу камери через відсутність коридорів та не потребує спеціальних штабелерів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.683.ПЗ

Арк.

16

Один такий стелаж вміщує 3 пакети в 4 яруси, що забезпечує масу зберігання:

$$m = 240\text{кг} * 3\text{пакети} * 4\text{яруси} = 2880\text{кг} \quad (1.4)$$

В'їзний стелаж має габаритні розміри 2720x1510x5480мм з урахуванням всіх зазорів для зручного штабелювання та рівномірного обдування вантажних пакетів. Всі геометричні характеристики стелажу наведені на рисунку 4. [15]

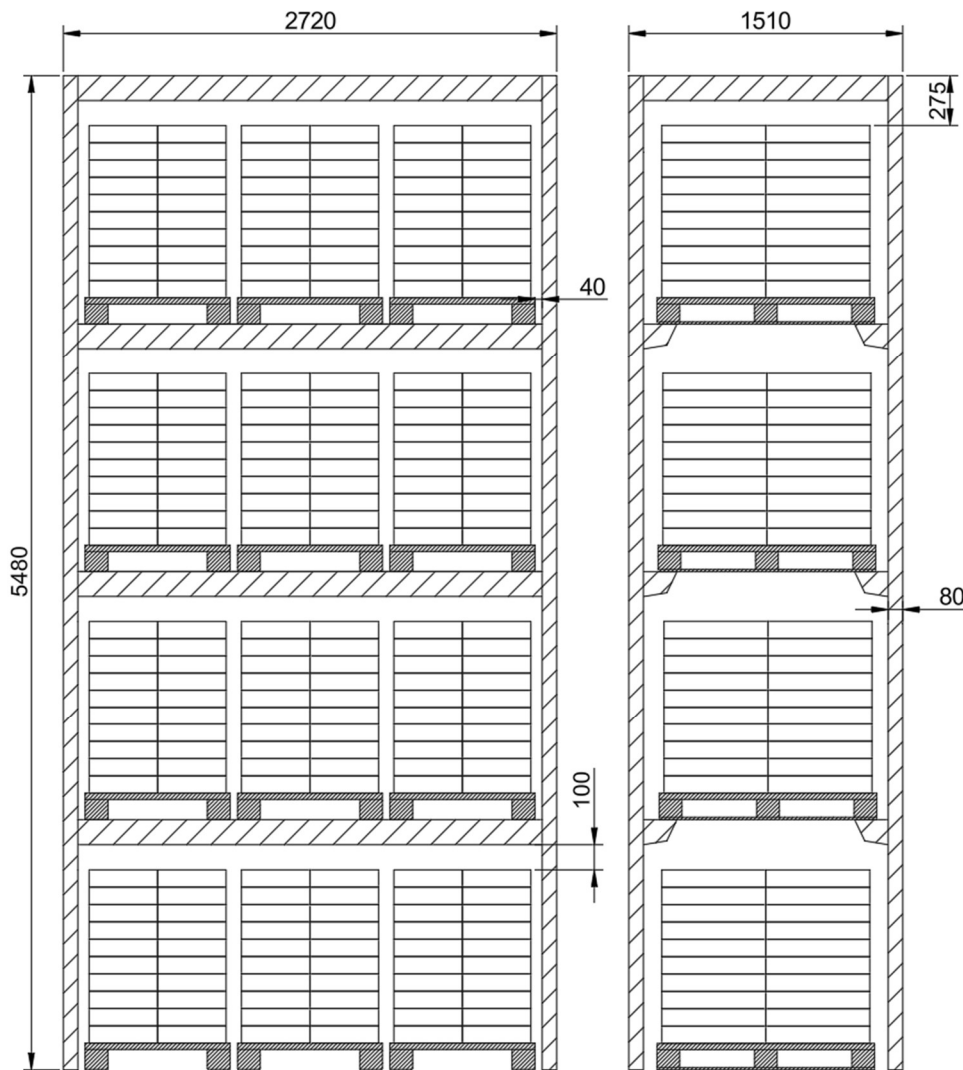


Рис. 4 - В'їзний стелаж [15]

1.11.3 Стелажне зберігання винограду

Так як виноград має коротші терміни зберігання його зберігають на звичайних палетних стелажих для можливості якісного конотролю стану продукту та зручної його відгрузки .

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Місткість одного стелажа для зберігання винограду:

$$m = 240\text{кг} * 4\text{пакети} * 4\text{яруси} = 3840\text{кг} \quad (1.5)$$

Габаритні розміри такого стелажа 3580x1200x5036 мм. Всі геометричні характеристики наведені на рисунку 5 [14]

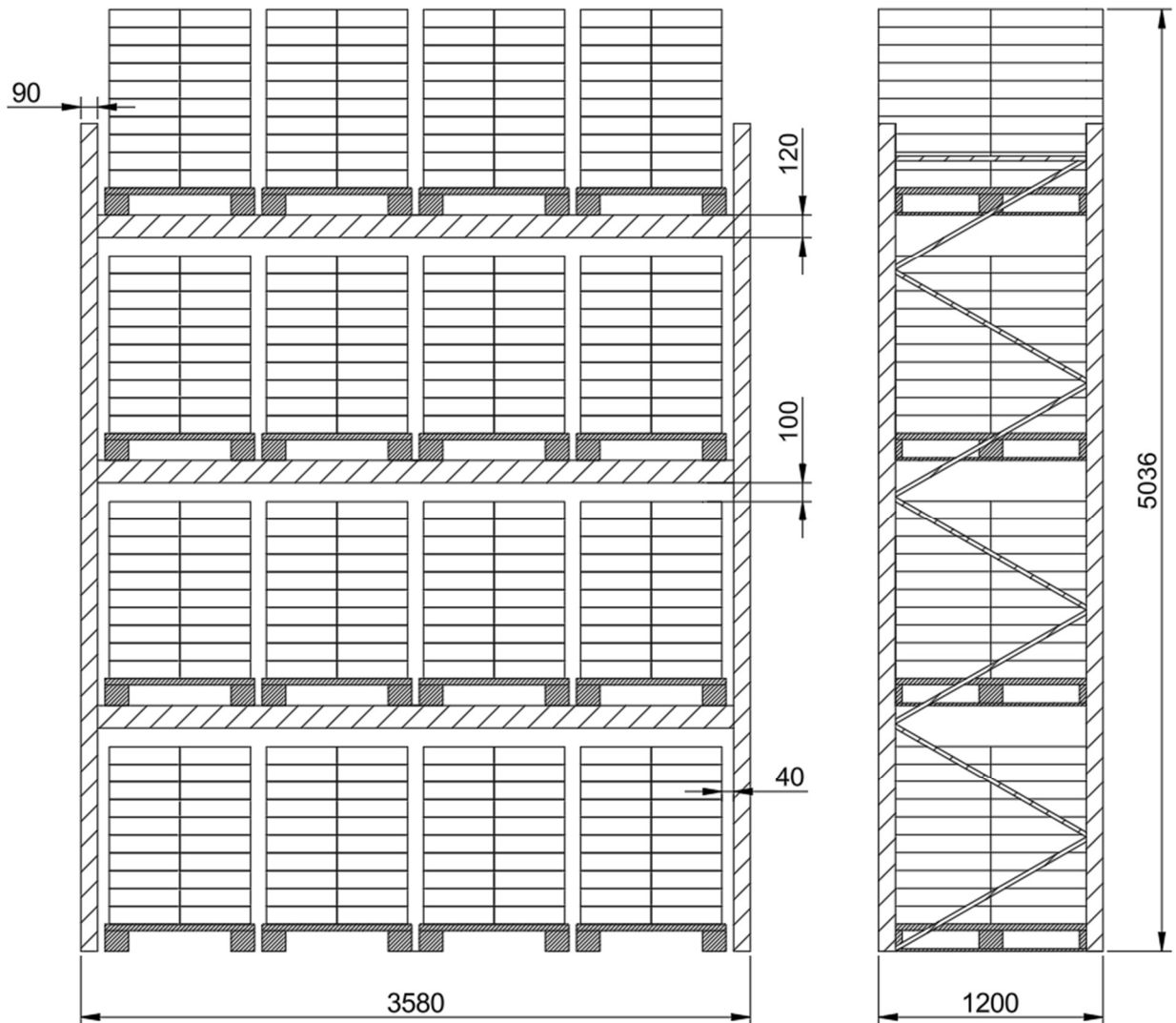


Рис. 5 - Палетний стелаж [14]

1.11.4 Овочеві контейнери

Інші овочі (картопля, капуста, морква, буряк) надходять у дерев'яних вентиляваних контейнерах розміром 1600×1200×1200 мм [9]. Висота штабелювання таких контейнерів 4,8 м (4 яруси по 1,2 м).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

18

1.12 Розрахунок тривалості замороження полуниці

Вихідні дані:

А) Параметри охолодного середовища:

Температура $t_c = -35^\circ\text{C}$

Швидкість руху повітря $W_c = 5 \text{ м/с}$

Б) Параметри продукту (полуниця):

Вологовміст $W = 90\%$

Кріоскопічна температура $t_{кр} = -1,15^\circ\text{C}$

Об'єм $V = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$

Площа поверхні $S = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

Визначальний розмір (радіус) $R = 0,015 \text{ м}$

Теплопровідність $\lambda = 1,95 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

Теплоємність $c = 3880 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$

Густина $\rho = 950 \text{ кг/м}^3$

В) початкова температура продукту $t_{п} = 5^\circ\text{C}$

Г) середня за об'ємом кінцева температура продукту $t_{к} = -20^\circ\text{C}$

Розраховуємо коефіцієнт форми шматка продукту.

$$\Phi = \frac{V}{SR} = \frac{1,4 \cdot 10^{-5}}{2,8 \cdot 10^{-3}} = 0,3 \quad (1.6)$$

Визначаємо теплофізичні властивості продукту.

З таблиці визначаємо коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{пр} = 1,95 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

Розрахунок коефіцієнту температуропровідності:

$$a_{пр} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} = \frac{1,95}{3880 \cdot 950} = 5,29 \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.7)$$

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Розраховуємо теплоту кристалізації води r_f та теплоту льодоутворення q .

Теплота кристалізації води розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} r_f &= 335 + 2,12|t| = 335 + 2,12|-20| = \\ &= 377,4 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \end{aligned} \quad (1.8)$$

де t – температура замороженого продукту,

Для подальшого розрахунку нам необхідно розрахувати частки вимороженої води з різницею в 1К:

$$\omega_1 = 1 + \frac{t_{\text{кр}}}{t_c} = 1 + \frac{-1,15}{-35} = 1,032 \quad (1.9)$$

$$\omega_2 = 1 + \frac{t_{\text{кр}}}{t_c} = 1 + \frac{-1,15}{-34} = 1,033 \quad (1.10)$$

Після чого можна розрахувати теплоту льодоутворення за формулою:

$$\begin{aligned} q_\omega &= (\omega_2 - \omega_1)W r_f = (1,033 - 1,032) \cdot 0,9 \cdot \\ &\cdot 377,4 = 0,339 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \end{aligned} \quad (1.11)$$

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі α .

Для початку визначаємо число Рейнольдса Re та Прандтля Pr :

$$Re = \frac{W_{\text{пвт}} \delta}{\nu_{\text{пвт}}} = \frac{5 \cdot 0,03}{11,13 \cdot 10^{-6}} = 13477 \quad (1.12)$$

де δ – діаметр полуниці, м

$$Pr = \frac{\nu_{\text{пвт}}}{a_{\text{пвт}}} = \frac{11,13 \cdot 10^{-6}}{15,24 \cdot 10^{-6}} = 0,73 \quad (1.13)$$

Далі розраховуємо критерій Нуссельта для кулі:

$$\begin{aligned} Nu &= 2 + 0,03Pr^{0,33}Re^{0,54} + 0,35Pr^{0,35}Re^{0,58} = \\ &= 2 + 0,03 \cdot 0,73^{0,33} 13477^{0,54} + 0,35 \cdot 0,73^{0,35} 13477^{0,58} = 84,46 \end{aligned} \quad (1.14)$$

Після чого розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі α :

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пвт}}}{\delta} = \frac{84,46 \cdot 0,0217}{0,03} = 61 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (1.15)$$

Розрахунок числа Біо:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda_{\text{пп}}} = \frac{61 \cdot 0,015}{1,95} = 0,46 \quad (1.16)$$

									00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						20

Тривалість замороження за формулою Планка для кулі:

$$\begin{aligned} \tau_0 &= \Phi \frac{R\rho qW\omega}{t_{кр}-t_c} \left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) = \\ &= 0,3 \frac{0,015 \cdot 950 \cdot 335000 \cdot 0,9 \cdot 1,032}{-1,15 + 35} \left(\frac{0,015}{2 \cdot 1,95} + \frac{1}{61} \right) = 795,32 \text{ с} = \\ &= 13,25 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.17)$$

Поправка на ненульову теплоємність замороженої частини:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \frac{\rho c R^2}{\lambda_{пр}} \cdot \frac{1 + \ln\left(1 + \frac{0,65}{Bi}\right)}{4 + 2|k-1|} = \frac{950 \cdot 2010 \cdot 0,015^2}{1,95} \cdot \frac{1 + \ln\left(1 + \frac{0,65}{0,46}\right)}{4 + 2|3,3-1|} = \\ &= 48,18 \text{ с} = 0,8 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.18)$$

$$\text{Тут і далі } k = \frac{1}{\Phi} = 3,3$$

Поправка на поступове виморожування вологи:

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \frac{-R^2 \rho q W \omega}{\lambda_{пр}(t_{кр}-t_c)} F(Bi, a, k) = \frac{-0,015^2 \cdot 950 \cdot 335000 \cdot 0,9 \cdot 5}{1,95(-1,15+3)} 0,233 = \\ &= -234 \text{ с} = -3,91 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.19)$$

де $a = \frac{-t_{кр}}{t_{кр}-t_c} = \frac{1,15}{-1,15+30} = 0,033$, $F(Bi, a, k)$ – безрозмірна функція, величина якої залежить від умов заморожування, форми та криоскопічної температури продукту. Підбирається по відповідній таблиці.

Поправка на зміну теплопровідності продукту під час заморожування:

$$\begin{aligned} \tau_3 &= \Phi \frac{R^2 \rho q W \omega}{(t_{кр}-t_c)} \frac{\lambda_{пр}-\lambda_0}{\lambda_{пр}^2} \frac{b(Bi+2)}{2Bi} \ln \left(1 + \frac{Bi}{b(Bi+2)} \right) = \\ &= 0,3 \frac{0,015^2 \cdot 950 \cdot 335000 \cdot 0,9 \cdot 5}{(-1,15 + 35)} \frac{1,95 - 0,55}{1,95^2} \frac{1,84(0,46 + 2)}{2 * 0,46} \ln \left(1 + \frac{0,46}{1,84(0,46 + 2)} \right) = 500,68 \text{ с} = 8,34 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.20)$$

де $b = \frac{2\lambda_0 + \lambda_{пр}}{3\lambda_0} = \frac{2 \cdot 0,55 + 1,95}{3 \cdot 0,55} = 1,84$, λ_0 – коефіцієнт теплопровідності охолодженого продукту (при криоскопічній температурі).

						00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

Поправка на початкову температуру тіла.

Враховуючи додаткові коефіцієнти:

$$A = \frac{\lambda_0 q W \omega}{c_0 (t_{кр} - t_c) \lambda_{пр}} = \frac{0,55 \cdot 335000 \cdot 0,9 \cdot 5}{3880 (-1,15 + 35) \cdot 1,95} = 3,23 \quad (1.21)$$

де c_0 – теплоємність свіжого продукту 3880 Дж/кг*К

$$\chi_0 = \frac{(k+1)(k+5+2\sqrt{2k+6})}{4} = \frac{(3,3+1)(3,3+5+2\sqrt{2 \cdot 3,3+6})}{4} = 16,55 \quad (1.22)$$

Розрахунок поправки:

$$\begin{aligned} \tau_4 &= \Phi c_0 R \rho \frac{t_{поч} - t_{кр}}{(t_{кр} - t_c)} \left[\frac{R}{\lambda_{пр}} \left(2 + \frac{Ax_0}{k+1} \frac{Bi+2}{Bi} \right)^{-1} + \frac{1}{\alpha} \right] = 0,3 \cdot 3880 \cdot 0,015 \cdot \\ &\cdot 950 \frac{5 + 1,15}{(-1,15 + 35)} \left[\frac{0,015}{1,95} \left(2 + \frac{3,23 \cdot 16,55 \cdot 0,46 + 2}{3,3 + 1} \right)^{-1} + \frac{1}{61} \right] = \\ &= 49,74 \text{ с} = 0,82 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.23)$$

Охолодження продукту до криоскопічної температури.

Розрахунок коефіцієнту температуропроїдності для свіжого продукту:

$$a_0 = \frac{\lambda_0}{c_0 \cdot \rho_0} = \frac{0,557}{(3880 \cdot 950)} = 1,51 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.24)$$

де ρ_0 – густина свіжого продукту 950 кг/м³

Безрозмірна температура в кінці охолодження:

$$\theta = \frac{(t_{кр} - t_c)}{t_0 - t_c} = \frac{(-1,15 + 35)}{16,1 + 35} = 0,66 \quad (1.25)$$

По діаграмі знаходимо число Фур'є $Fo = 0,25$

Розраховуємо тривалість охолодження:

$$\tau_{ох} = \frac{Fo R^2}{\lambda_0} = \frac{0,25 \cdot 0,015^2}{1,51 \cdot 10^{-7}} = 372,51 \text{ с} = 6,2 \text{ хв} \quad (1.26)$$

Повна тривалість замороження полуниці враховуючи охолодження та поправки до формули Планка:

$$\begin{aligned} \tau_{повн} &= \tau_0 + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_{ох} = 13,25 + 0,8 - 3,91 + \\ &+ 8,34 + +0,82 + 6,2 = 25,5 \text{ хв} \end{aligned} \quad (1.27)$$

						00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

2. Об'ємно-планувальне рішення холодильника

Об'ємно-планувальне рішення холодильного сховища базується на раціональній організації технологічного процесу з урахуванням специфіки кожного виду продукції, обсягів надходження, режимів охолодження та умов зберігання. Загальна місткість сховища — 5000 тонн.

Фруктоовочесховище поділяється на функціональні зони: приймальна, зони попереднього охолодження, основного зберігання, шокової заморозки, камери зберігання продукції в РГС, камери зберігання замороженої продукції, технічні та побутові приміщення.

Будівля має два в'їзди з закритими автомобільними платформами та скрізний транспортний коридор шириною 6 м, які поділяють будівлю на дві зони: зона де розташовані низькотемпературні камери має постійне охолодження на платформі та в коридорі +4°C, а зона де зберігається продукція при додатніх температурах немає постійного охолодження допоміжних приміщень. Всі камери були розташовані таким чином, щоб розділити планування на блоки відповідно до продукції, що значно спрощує логістику та менеджмент на сховищі.

2.1 Будівельна конструкція

Холодильник запроектовано у вигляді одноповерхової будівлі на сталевому каркасі зі змінним кроком колон. Висота усіх камер однакова 6,5 м. Огороджувальні конструкції виконані з сендвіч-панелей із наповнювачем із жорсткого поліуретану. Сендвіч панелі розташовані у вигляді внутрішнього каркасу з підшитою стелею. Покриття даху — профнастіл, з ухилом для відведення опадів, передбачена вентиляція покрівельного простору. У підлогах закладено гідроізоляцію, армовану бетонну плиту. В камерах зберігання замороженої полуниці передбачено підігрів підлоги гарячою водою та теплоізоляційний шар з екструдованого полістиролу.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.2 Розрахунок площі камер охолодження аналітичним способом

Камери попереднього охолодження та зберігання картоплі:

Розділяємо загальну масу картоплі, яка має зберігатися, на декілька камер, щоб спростити їх планування та експлуатацію. Оскільки камери охолодження та зберігання картоплі мають однакову загрузку та спосіб штабелювання то і розрахунок для них однаковий:

$$F = \frac{m}{q_v * h_v * \beta} = \frac{750}{0,5 * 4,8 * 0,7} = 446 \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

де q_v – норма нагрузки на 1 м^3 грузового об'єму; h_v – вантажна висота, м; β – коефіцієнт використання будівельної площі; m – маса продукту в камері, кг.

Для подальшого розрахунку задаємося сіткою 6×12 (72 м^2). При цьому кількість будівельних прямокутників:

$$n = \frac{446}{72} = 6,19 \text{ (приймаємо 8 прямокутників)} \quad (2.2)$$

Камери охолодження та зберігання моркви:

$$F_{\text{зберігання}} = \frac{800}{0,36 * 4,8 * 0,7} = 661 \text{ м}^2 \text{ (10 прямокутників)} \quad (2.3)$$

При розрахунку камер попереднього охолодження беремо не загальну масу, а масу добового надходження (для моркви це 80 т/добу)

$$F_{\text{охолодження}} = \frac{80}{0,36 * 4,8 * 0,7} = 66 \text{ м}^2 \text{ (1 прямокутників)} \quad (2.4)$$

Камери охолодження та зберігання буряка:

$$F_{\text{зберігання}} = \frac{600}{0,46 * 4,8 * 0,7} = 388 \text{ м}^2 \text{ (6 прямокутників)} \quad (2.5)$$

$$F_{\text{охолодження}} = \frac{85}{0,36 * 4,8 * 0,7} = 55 \text{ м}^2 \text{ (1 прямокутників)} \quad (2.6)$$

Камери охолодження та зберігання капусти:

$$F_{\text{зберігання}} = \frac{800}{0,3 * 4,8 * 0,7} = 793 \text{ м}^2 \text{ (12 прямокутників)} \quad (2.7)$$

$$F_{\text{охолодження}} = \frac{80}{0,36 * 4,8 * 0,7} = 79,3 \text{ м}^2 \text{ (1 прямокутників } 6 \times 18) \quad (2.8)$$

Камера попереднього охолодження полуниці:

$$F_{\text{охолодження}} = \frac{35}{0,3 * 1,044 * 0,7} = 159,64 \text{ м}^2 \text{ (3 прямокутники)} \quad (2.9)$$

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.3 Розрахунок площі камер графічним методом

Камера зберігання замороженої полуниці:

Оскільки камера на 500т буде завеликою розділяємо її на дві маленькі камери по 250т. Щоб забезпечити 250т замороженої полуниці в камері нам необхідно забезпечити площу, яка може вмістити 87 стелажів 2720x1510мм.

Розрахунок необхідної кількості стелажів:

$$n_{\text{стелажів}} = \frac{m}{m_{\text{стелаж.}}} = \frac{250000}{2880} = 86,8 \text{ шт.} \quad (2.10)$$

де m – маса продукту в одній камері; $m_{\text{стелаж.}}$ – маса продукту на одному стелажі (див. 1.11.3 Стелажне зберігання замороженої полуниці).

Оскільки при варіанті з 6 прямокутниками 6x12 нам не вистачає площі для коридору- збільшуємо кількість прямокутників до 8 та додаємо ще додаткові стелажі, які можна буде використати як запасні в майбутньому. Загальна площа камер збереження замороженої полуниці 576 м².

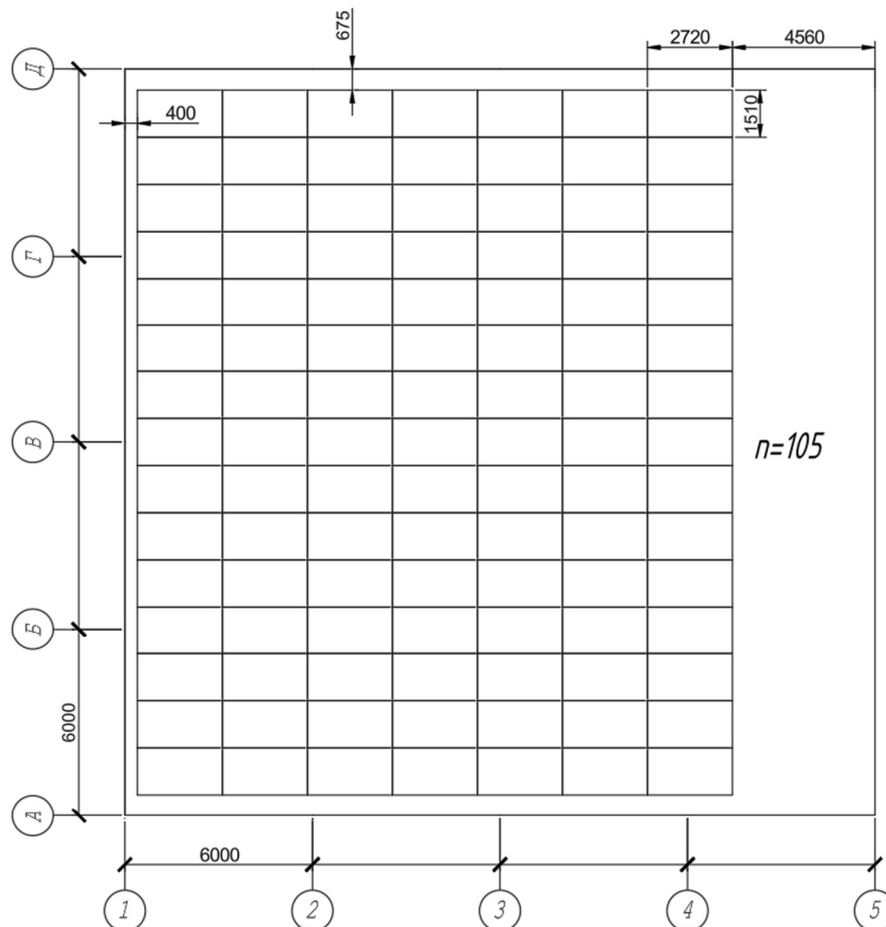


Рис. 6 - Камера зберігання замороженої полуниці

Камера зберігання винограду:

Також розділяємо одну велику камеру 800т на чотири маленьких по 200т та розраховуємо необхідну кількість стелажів:

$$n_{\text{стелажів}} = \frac{200000}{3840} = 53 \text{ шт.} \quad (2.11)$$

Розрахунок виконується таким самим способом як і розрахунок кількості стелажів мороженої полуниці.

Оскільки при варіанті з 6 прямокутниками 6x12 нам не вистачає площі для коридору- збільшуємо кількість прямокутників до 12 та додаємо ще додаткові стелажі, які можна буде використати як запасні в майбутньому. Загальна площа камер збереження винограду в РГС 864 м².

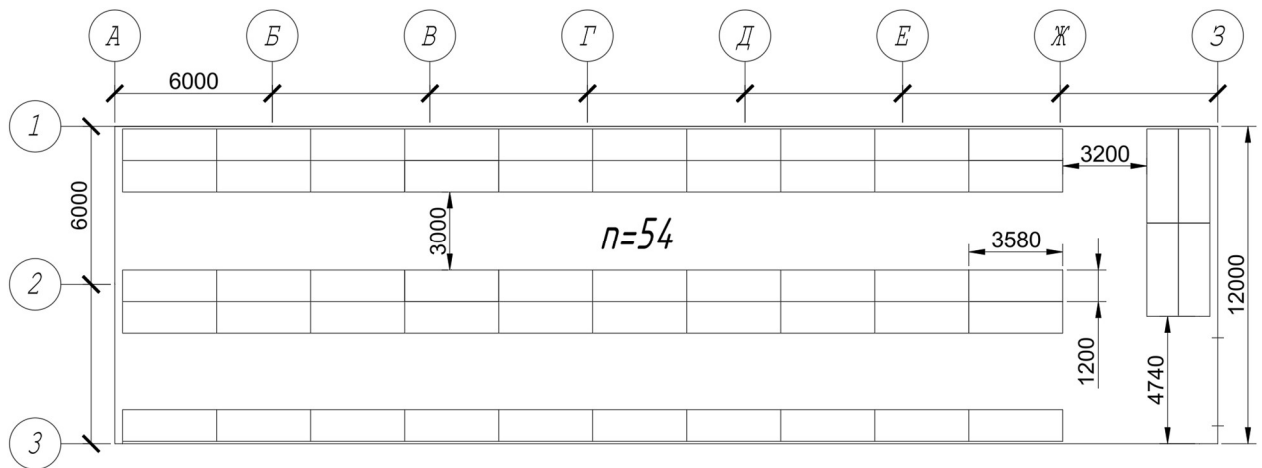


Рис. 7 - Камера зберігання винограду РГС

Оскільки ширина коридору між рядами стелажів 3м та пристінні стелажі стоять у два ряди, необхідно використовувати спеціальні вузькопрохідні штабелери з телескопічними вилами.

2.3 Розрахунок площі допоміжних приміщень

Для початку розраховуємо загальну площу охолоджуваних камер:

$$F_{\text{ох.кам.}} = 446 * 4 + 661 + 66 + 388 + 55 + 793 + 80 + 160 + (2.12) \\ + 576 * 2 + +864 * 2 = 6867 \text{ м}^2$$

Площа допоміжних приміщень:

$$F_{\text{допоміж.}} = 0,2F_{\text{ох.кам.}} = 0,20 * 6867 = 1373 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

Площа машинного відділення:

$$F_{\text{м.в.}} = 0,1F_{\text{ох.кам.}} = 0,1 * 6867 = 687 \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

Площа службових приміщень:

$$F_{\text{сл}} = 0,3F_{\text{ох.кам.}} = 0,3 * 6867 = 2060 \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

2.4 Загальний план сховища

Після всіх розрахунків площі камер можна перейти до проектування плану фруктоовочесховища (див. рис 8). Для зручності експлуатації розділяємо камери на логічні блоки: блок РГС, блок охолодження/зберігання картоплі, блок заморозки полуниці, блок охолодження та зберігання інших овочей. Машинне відділення ставимо біля камер з найнижчою температурою для запобігання великих тепловтрат та додаткової теплоізоляції цих приміщень. Додаємо службові приміщення та входи до камер. Фруктоовочесховище розташовано відносно сторін світу таким чином щоб запобігти нагріву від сонячної радіації в камерах з найнижчою температурою. Загальні розміри сховища 144x60 м висотою 6,5 м.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.5 Теплоізоляція

Теплоізоляція є одним із ключових елементів конструкції холодильника, що забезпечує енергоефективність та стабільність температурного режиму в охолоджуваних приміщеннях. Належний вибір матеріалів, товщини теплоізоляційного шару та технологічне виконання огорожувальних конструкцій дозволяє знизити тепловтрати, зменшити енерговитрати на охолодження та запобігти промерзанню конструкцій.

2.5.1 Вибір теплоізоляційного матеріалу

Для теплоізоляції стін та стелі прийнято використовувати сендвіч-панелі з наповнювачем з жорсткого пінополіуретану, який характеризується низькою теплопровідністю ($\lambda = 0,022 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) вологостійкістю та високою механічною міцністю [16]. Облицювання панелей виконане з оцинкованої сталі 0,7 мм . Для підлоги використовується екструдований пінополістирол ($\lambda = 0,03 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) [17].

2.5.2 Розрахунок товщини теплоізоляції

Перед розрахунком товщини теплоізоляції нам необхідно задатись нормативними коефіцієнтами теплопередачі, які можна визначити по відповідним таблицям за характеристиками приміщень в яких має бути розрахована теплоізоляція огорожувальних конструкцій. Всі температури приміщень зазначені в розділі “1. Технологія зберігання овочів і фруктів у фруктоовочесховищі” та на плані, а середньорічну температуру місця будівництва (+9°C) беремо з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. “Будівельна кліматологія”.[18] В зв'язку з неактуальністю даних з наявних таблиць, через зміну клімату, всі нормативні коефіцієнти було зменшено на 20% та занесено до таблиці 3 – “нормативні коефіцієнти теплопередачі”.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 3 - Нормативні коефіцієнти теплопередачі

Назва елементу	$K_0^{\text{норм}}$ Вт/м ² К
Зовнішні стіни камер зберігання	$\frac{0,24}{0,25}$
Зовнішні стіни камер охолодження та платформ	$\frac{0,28}{0,29}$
Зовнішні стіни камер зберігання замороженої полуниці	$\frac{0,15}{0,16}$
Внутрішні стіни між камерами охолодження та зберігання (окрім камер зберігання полуниці)	0,46
Внутрішні стіни між камерами зберігання полуниці та іншими камерами	0,19
Внутрішні стіни між охолоджуваними та неохолоджуваними приміщеннями	0,36
Підлога з підігрівом в камерах зберігання замороженої полуниці	0,16

В чисельнику вказаний коефіцієнт для стін, а в знаменнику для стелі.

Після чого необхідно розрахувати термоопір стіни без ізоляційного матеріалу. Оскільки в нас стіни зроблені виключно з сендвіч-панелей то розраховуємо ми тільки термоопір оцинкованої сталі, якою вкривається ППУ.

Розрахунок термоопору для сендвіч панелей робимо наступним чином:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0007}{116} + \frac{0,0007}{116} = 1,20 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) /Вт} \quad (2.16)$$

де R – загальний термоопір огорожувальної конструкції, м² К/Вт; δ_i – товщина будівельного шару конструкції; λ_i – коефіцієнт теплопровідності будівельного шару конструкції.

Формула розрахунку товщини теплоізоляції:

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \left[K_0^{\text{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \quad (2.17)$$

де λ_{i3} - коефіцієнт теплопровідності ізоляції (Вт/(м К)); K_0 – нормативний коефіцієнт теплопередачі (Вт/(м² К)); α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження (Вт/(м² К)); α_B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огороження (Вт/(м² К)).

Після розрахунку теоретичної товщини теплоізоляції необхідно задатись реальним її розміром виходячи з номенклатури виробника сендвіч-панелей.

						00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			30

Якщо дійсна товщина теплоізоляції відрізняється більше ніж на 10% від теоретичної необхідно провести розрахунок дійсного коефіцієнту теплопередачі $\kappa_0^Д$ Вт/(м² К) за формулою:

$$\kappa_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_H} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}\right) + \frac{\delta_{із,д}}{\lambda_{із}}} \quad (2.18)$$

Де $\delta_{із,д}$ – дійсне значення товщини теплоізоляційного шару.

Приймаємо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_B = 9$ Вт/м² К – для камер зберігання; $\alpha_B = 11$ Вт/м² К – для камер охолодження; $\alpha_3 = 23$ Вт/м² К – для зовнішнього середовища; $\alpha_B = 7$ Вт/м² К – для стелі та підлоги.

2.5.3 Камери зберігання

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,24} - \left(\frac{1}{23} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,061 \text{ м} \quad (2.19)$$

Оскільки сендвіч-панелі товщиною 60 мм не мають необхідної здатності витримувати зовнішні умови підбираємо панелі більшої товщини 80 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 1,20 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,080}{0,022}} = 0,20 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.20)$$

Товщина теплоізоляції стелі:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,25} - \left(\frac{1}{7} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,056 \text{ м} \quad (2.21)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 60 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 1,20 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,060}{0,022}} = 0,23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.22)$$

Товщина теплоізоляції внутрішніх стін:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{11} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,016 \text{ м} \quad (2.23)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 40 мм.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 1,20 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,040}{0,022}} = 0,31 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.24)$$

2.5.4 Камери охолодження

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін:

$$\delta_{iz} = 0,022 \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{23} + 1,20 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,049 \text{ м} \quad (2.25)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 80 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 1,20 + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,080}{0,022}} = 0,20 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.26)$$

Товщина теплоізоляції стелі:

$$\delta_{iz} = 0,022 \left[\frac{1}{0,29} - \left(\frac{1}{7} + 1,20 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,044 \text{ м} \quad (2.27)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 60 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 1,20 + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,060}{0,022}} = 0,24 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.28)$$

Товщина теплоізоляції внутрішніх стін:

$$\delta_{iz} = 0,022 \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{11} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,016 \text{ м} \quad (2.29)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 40 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 1,20 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,040}{0,022}} = 0,31 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.30)$$

2.5.4 Камери зберігання замороженої полуниці

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін:

$$\delta_{iz} = 0,022 \left[\frac{1}{0,15} - \left(\frac{1}{23} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,116 \text{ м} \quad (2.31)$$

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 120 мм. Оскільки значення не відрізняється від теоретичного більше ніж на 10% нам не потрібно перераховувати дійсне значення коефіцієнту теплопередачі.

Товщина теплоізоляції стелі:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,16} - \left(\frac{1}{7} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,105 \text{ м} \quad (2.32)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 120 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,120}{0,022}} = 0,14 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.33)$$

Товщина теплоізоляції внутрішніх стін між камерами зберігання замороженої полуниці:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{9} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,0016 \text{ м} \quad (2.34)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 40 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,4}{0,022}} = 0,30 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.35)$$

2.5.5 Внутрішні стіни між камерами зберігання полуниці та іншими камерами:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,19} - \left(\frac{1}{9} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,084 \text{ м} \quad (2.36)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 100 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,1}{0,022}} = 0,17 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.37)$$

2.5.6 Внутрішні стіни між охолоджуваними та неохолоджуваними приміщеннями:

$$\delta_{із} = 0,022 \left[\frac{1}{0,36} - \left(\frac{1}{11} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,03 \text{ м} \quad (2.38)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 40 мм.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 1,20 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,04}{0,022}} = 0,31 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.39)$$

Перегородка між пакувальним цехом та камерою заморозки полуниці:

$$\delta_{из} = 0,022 \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{9} + 1,20 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,0016 \text{ м} \quad (2.40)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 40 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 1,20 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,04}{0,022}} = 0,30 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.41)$$

2.5.7 Товщина теплоізоляції підлоги з підігрівом в камері зберігання замороженої полуниці

Підлога камер зберігання замороженої полуниці складається з наступних шарів: монолітне покриття із важкого бетону 0,040 м, армбетона стяжка 0,08 м, пергамін 0,001 м, плита з екструдованого пінополістиролу (XPS) ($\lambda = 0,03 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) [17], цементно-піщаний розчин 0,025 м, ущільнений пісок 1,35 м та бетона підготовка з підігрівом гарячою водою.

Термоопір підлоги:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,04}{1,86} + \frac{0,08}{1,86} + \frac{0,001}{0,15} + \frac{0,025}{0,98} + \frac{1,35}{0,58} = 2,42 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; \quad (2.42)$$

Розрахунок товщини:

$$\delta_{из} = 0,03 \left[\frac{1}{0,16} - \left(\frac{1}{7} + 2,42 \right) \right] = 0,110 \text{ м} \quad (2.43)$$

Приймаємо дійсну товщину теплоізоляції 120 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{7} + 2,42\right) + \frac{0,120}{0,03}} = 0,15 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.44)$$

Всі результати розрахунків заносимо в таблицю 4 – “результати розрахунків теплоізоляції”.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 4 – Результати розрахунків теплоізоляції

Назва елементу	Розрахункова товщина теплоізоляції $\delta_{із,}$ мм	Дійсна товщина теплоізоляції $\delta_{із,д}$ мм	Дійсний коефіцієнт теплопередачі $k_0^д$, Вт/м ² К
Зовнішні стіни камер зберігання	$\frac{61}{56}$	$\frac{80}{80}$	$\frac{0,20}{0,23}$
Зовнішні стіни камер охолодження та платформ	$\frac{49}{44}$	$\frac{80}{80}$	$\frac{0,20}{0,24}$
Зовнішні стіни камер зберігання замороженої полуниці	$\frac{116}{105}$	$\frac{120}{120}$	$\frac{0,15}{0,14}$
Внутрішні стіни між камерами охолодження та зберігання (окрім камер зберігання полуниці)	16	40	0,31
Внутрішні стіни між камерами зберігання полуниці та іншими камерами	84	100	0,17
Внутрішні стіни між охолоджуваними та неохолоджуваними приміщеннями	30	40	0,31
Перегородка між пакувальним цехом та камерою заморозки полуниці	16	40	0,30
Підлога з підігрівом в камерах зберігання замороженої полуниці	110	120	0,15

В чисельнику вказаний коефіцієнт для стін, а в знаменнику для стелі.

2.6 Теплонадходження

Для підтримання необхідної температури в охолоджуваному приміщенні необхідно щоб всі теплонадходження відводились камерним обладнанням.

При розрахунку цієї нагрзуки нам необхідно враховувати наступні теплонадходження: через огороджувальні конструкції приміщення, Q_1 ; від продукції при її зберіганні чи охолодженні, Q_2 ; від повітрообміну при вентиляції приміщень, Q_3 ; від експлуатації камери, Q_4 ; від “дихання” фруктів та овочів, Q_5 .

2.6.1 Теплонадходження через огороджувальні конструкції

Теплонадходження через огороджувальні конструкції Q_1 визначають як суму теплонадходжень через стіни, перегородки, стелю та підлогу, спричинені різністю температур ззовні та всередині приміщень $Q_{1т}$, так і

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

теплонадходження в результаті дії сонячної радіації Q_{1c} через покриття та зовнішні стіни. Визначаються як:

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} \quad (2.45)$$

Теплонадходження через стіни, перегородки, перекриття чи покриття Q_{1T} (в кВт) розраховують по формулі :

$$Q_{1T} = k_d F \theta * 10^{-3} = k_d F (t_3 - t_B) * 10^{-3} \quad (2.46)$$

де k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі (див. таблиця 4), Вт/(м²*К);

F – розрахункова площа поверхні огороження, м²; θ – розрахункова різниця температур (температурний напір), °С; t_3 – температура повітря з зовнішньої сторони огорожі, °С; t_B – температура з внутрішньої сторони огорожі, °С.

При розрахунку теплонадходжень через внутрішні стіни, які виходять в неохолоджувані та неопалюємі приміщення, температурний напір приймаємо як частину розрахункової різниці температур для зовнішніх стін: $0,7(t_3 - t_B)$ – для приміщень, які не сполучаються з зовнішнім повітрям.

Теплонадходження через підлогу з підігрівом ґрунту, кВт:

$$Q_{1T} = k_d F (t_T - t_B) 10^{-3} \quad (2.47)$$

де t_T – середня температура пристрою підігріву ґрунту (для обігріву гарячою водою приймають $t_T = 1^\circ\text{C}$).

Якщо підлога, розташована на ґрунті, не має обігрівальних пристроїв, то теплонадходження через неї визначають сумуванням тепловтрат через умовні зони шириною 2 м по формулі:

$$Q_{1T} = \sum k_{усл} F (t_3 - t_B) m * 10^{-3} \quad (2.48)$$

де $k_{усл}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги, Вт/(м²*К) (для підлоги без теплоізоляції для I, II, III зон рівний відповідно 0,47; 0,23; 0,12; Вт/(м²*К), а для IV зони $k_{усл} = 0,07$ Вт/(м² * К)); F – площа відповідної зони підлоги, м²; площа ділянки 2х2 що примикає до кута зовнішніх стін враховують двічі; для підлоги без ізоляції приймають коефіцієнт $m=1$.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни та покриття камер Q_{1c} (в кВт) визначають по формулі:

$$Q_{1c} = k_d F \Delta t_c * 10^{-3} \quad (2.49)$$

де Δt_c – надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час, °С.

Кількість теплоти від сонячної радіації залежить від зони розташування холодильника (географічної широти), характеру поверхні та її орієнтації по згідно сторін горизонту.

Для зовнішніх стін надлишкову різницю температур приймаємо відповідно орієнтації будівлі по сторонам світу та властивостей матеріалу з якого зроблені стіни (див. Таблиця 5).

Таблиця 5 – Надлишкова різниця температур

Стіна	надлишкова різниця температур (в °С) при орієнтації по сторонам горизонту			
	Пд	Сх	Зх	Пн
Облицювання білими глазуrowаними плитами	3,9	3,9	4,7	0

Для покрівлі вплив сонячної радіації не враховуємо оскільки будівля по проекту має горище, яке добре вентилується.

За цими всіма вихідними даними проводимо розрахунок теплонадходжень в літню та зимову пору року і заносимо результати в таблицю 6 та в таблицю 7.

Таблиця 6 – Теплонадходження Q_1 в літню пору року

Камера зберігання полуниці ($t_b = -25^\circ\text{C}$)								
Стіна	$K_d, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	F, м ²	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Зовнішня	0,2	156	33,0	58	1,4	3,9	0,1	1,4
Внутрішня	0,2	312	5,0	30	1,6	-	-	1,6
Стеля	0,1	576	33,0	58	4,7	-	-	4,7
Підлога	0,2	576	1,0	26	2,2	-	-	2,2
Камера зберігання моркви ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	$K_d, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	F, м ²	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Зовнішня	0,20	156	24,7	23,7	0,7	3,9	0,2	1,0
Внутрішня	0,31	312	5	4,0	0,4	-	-	0,4
Стеля	0,23	576	24,7	23,7	3,1	-	-	3,1
Підлога	-	-	24,7	23,7	2,1	-	-	2,1
Камера зберігання буряку ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	$K_d, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	F, м ²	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Зовнішня	0,20	273	24,7	23,7	1,3	3,9	0,2	1,5
Внутрішня	0,31	273	24,7	14,22	1,2	-	-	1,2
Стеля	0,23	432	24,7	23,7	2,4	-	-	2,4
Підлога	-	-	24,7	23,7	1,9	-	-	1,9
Камера зберігання капусти ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	$K_d, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	F, м ²	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Зовнішня	0,20	117	24,7	23,7	0,6	4,7	0,1	0,6
Внутрішня	0,31	663	4	3,0	0,6	-	-	0,6
Стеля	0,23	756	24,7	23,7	4,1	-	-	4,1
Підлога	-	-	24,7	23,7	1,8	-	-	1,8
Камера зберігання винограду ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	$K_d, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	F, м ²	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Зовнішня	0,20	78	24,7	23,7	0,4	4,7	0,1	0,5
Внутрішня	0,31	663	4	3,0	0,6	-	-	0,6
Стеля	0,23	504	24,7	23,7	2,7	-	-	2,7
Підлога	-	-	24,7	23,7	1,2	-	-	1,2
Камера зберігання винограду кутова ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	$K_d, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	F, м ²	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1\text{заг}}, \text{кВт}$
Зовнішня	0,20	351	24,7	23,7	1,7	4,7	0,3	2,0
Внутрішня	0,31	351	4	3,0	0,3	-	-	0,3
Стеля	0,23	504	24,7	23,7	2,7	-	-	2,7
Підлога	-	-	24,7	23,7	1,9	-	-	1,9

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

38

Охолоджувана платформа ($t_b = +4^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Зовнішня	0,20	312	24,7	20,7	1,3	3,9	0,4	1,7
Внутрішня	0,31	312	5	1,0	0,1	-	-	0,1
Стеля	0,23	504	24,7	20,7	2,4	-	-	2,4
Підлога	-	-	24,7	20,7	1,7	-	-	1,7
Камера тимчасового зберігання полуниці ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Зовнішня	0,20	78	33	28,0	0,4	3,9	0,1	0,5
Внутрішня	0,31	312	5	0,0	0,0	-	-	0,0
Стеля	0,23	216	33	28,0	1,4	-	-	1,4
Підлога	-	-	33	28,0	0,8	-	-	0,8
Цех заморозки полуниці ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	312	5	0,0	0,0	-	-	0,0
Внутрішня 2	0,31	117	33	16,8	0,6	-	-	0,6
Стеля	0,23	324	33	28,0	2,1	-	-	2,1
Пакувальний цех ($t_b = +0^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	312	5	5	0,5	-	-	0,5
Стеля	0,23	108	33	33	0,8	-	-	0,8
Камера зберігання картоплі ($t_b = +3^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	312	6	3,0	0,3	-	-	0,3
Внутрішня 2	0,31	156	24,7	13,0	0,6	-	-	0,6
Стеля	0,23	576	24,7	21,7	2,9	-	-	2,9
Камера охолодження буряку та моркви ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	351	6	1,0	0,1	-	-	0,1
Внутрішня 2	0,31	39	24,7	11,8	0,1	-	-	0,1
Стеля	0,23	144	24,7	19,7	0,7	-	-	0,7
Камера охолодження капусти ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_{in} , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	195	5	0,0	0,0	-	-	0,0
Внутрішня 2	0,31	195	24,7	11,8	0,7	-	-	0,7
Стеля	0,23	108	24,7	19,7	0,5	-	-	0,5

Таблиця 7– Теплонадходження Q_1 в зимову пору року

Камера зберігання полуниці ($t_b = -25^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	$Q_{1т}$, кВт	Δt_c , °C	$Q_{1с}$, кВт	$Q_{1заг}$, кВт
Зовнішня	0,2	156,0	-18	7	0,2	3,9	0,1	0,3
Внутрішня	0,2	312,0	5	30	1,6	-	-	1,6
Стеля	0,1	576,0	-18	7	0,6	-	-	0,6
Підлога	0,2	576,0	1	26	2,2	-	-	2,2
Камера зберігання моркви ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	$Q_{1т}$, кВт	Δt_c , °C	$Q_{1с}$, кВт	$Q_{1заг}$, кВт
Зовнішня	0,20	156	-18	-19	-0,6	3,9	0,2	-0,4
Внутрішня	0,31	312	5	4	0,4	-	-	0,4
Стеля	0,23	576	-18	-19	-2,5	-	-	-2,5
Підлога	-	-	-18	-19	-1,7	-	-	-1,7
Камера зберігання буряку ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	$Q_{1т}$, кВт	Δt_c , °C	$Q_{1с}$, кВт	$Q_{1заг}$, кВт
Зовнішня	0,20	273	-18	-19	-1,0	3,9	0,2	-0,8
Внутрішня	0,31	273	-18	-11	-1,0	-	-	-1,0
Стеля	0,23	432	-18	-19	-1,9	-	-	-1,9
Підлога	-	-	-18	-19	-1,6	-	-	-1,6
Камера зберігання капусти ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	$Q_{1т}$, кВт	Δt_c , °C	$Q_{1с}$, кВт	$Q_{1заг}$, кВт
Зовнішня	0,20	117	-18	-19	-0,4	4,7	0,1	-0,4
Внутрішня	0,31	663	4	3	0,6	-	-	0,6
Стеля	0,23	756	-18	-19	-3,3	-	-	-3,3
Підлога	-	-	-18	-19	-1,4	-	-	-1,4
Камера зберігання винограду ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	$Q_{1т}$, кВт	Δt_c , °C	$Q_{1с}$, кВт	$Q_{1заг}$, кВт
Зовнішня	0,20	78	-18	-19	-0,3	4,7	0,1	-0,2
Внутрішня	0,31	663	4	3	0,6	-	-	0,6
Стеля	0,23	504	-18	-19	-2,2	-	-	-2,2
Підлога	-	-	-18	-19	-0,9	-	-	-0,9

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

40

Камера зберігання винограду кутова ($t_b = +1^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Зовнішня	0,20	351	-18	-19	-1,3	4,7	0,3	-1,0
Внутрішня	0,31	351	4	3	0,3	-	-	0,3
Стеля	0,23	504	-18	-19	-2,2	-	-	-2,2
Підлога	-	-	-18	-19	-1,6	-	-	-1,6
Охолоджувана платформа ($t_b = +4^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Зовнішня	0,20	312	-18	-22	-1,4	3,9	0,4	-1,0
Внутрішня	0,31	312	5	1	0,1	-	-	0,1
Стеля	0,23	504	-18	-22	-2,6	-	-	-2,6
Підлога	-	-	-18	-22	-1,8	-	-	-1,8
Камера тимчасового зберігання полуниці ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Зовнішня	0,20	78	-18	-23	-0,4	3,9	0,1	-0,3
Внутрішня	0,31	312	5	0	0,0	-	-	0,0
Стеля	0,23	216	-18	-23	-1,1	-	-	-1,1
Підлога	-	-	-18	-23	-0,7	-	-	-0,7
Цех заморозки полуниці ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	312	5	0	0,0	-	-	0,0
Внутрішня 2	0,31	117	-18	-14	-0,5	-	-	-0,5
Стеля	0,23	324	-18	-23	-1,7	-	-	-1,7
Пакувальний цех ($t_b = +0^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	312	5	5	0,5	-	-	0,5
Стеля	0,23	108	-18	-18	-0,4	-	-	-0,4
Камера зберігання картоплі ($t_b = +3^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	312	6	3	0,3	-	-	0,3
Внутрішня 2	0,31	156	-18	-13	-0,6	-	-	-0,6
Стеля	0,23	576	-18	-21	-2,8	-	-	-2,8

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

41

Камера охолодження буряку та моркви ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	351	6	1	0,1	-	-	0,1
Внутрішня 2	0,31	39	-18	-14	-0,2	-	-	-0,2
Стеля	0,23	144	-18	-23	-0,8	-	-	-0,8
Камера охолодження капусти ($t_b = +5^\circ\text{C}$)								
Стіна	Кд, Вт/(м ² *К)	F, м ²	t_n , °C	θ , °C	Q _{1т} , кВт	Δt_c , °C	Q _{1с} , кВт	Q _{1заг} , кВт
Внутрішня	0,31	195	5	0	0,0	-	-	0,0
Внутрішня 2	0,31	195	-18	-14	-0,8	-	-	-0,8
Стеля	0,23	108	-18	-23	-0,6	-	-	-0,6

2.6.2 Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці

При холодильній обробці продукції (охолодженні, заморожуванні та доробці) кожен кілограм продукту виділяє тепло в кількості $q = \Delta i$ кДж/кг. Крім того, якщо обробка продукції відбувається у тарі, необхідно додатково враховувати тепло, що виділяється при її охолодженні.

Кількість теплонадходження $Q_{2пр}$ (у кВт) під час охолодження та доробки продукції в камерах зберігання визначають за формулою:

$$Q_{2пр} = M_{пр} \Delta i \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.50)$$

де $M_{пр}$ – добове надходження продукту; Δi - різниця питомих ентальпій продукту, відповідних початковій та кінцевій температурі продукту (кДж/кг).

При цьому приймаємо що продукти надходять до камери рівномірно протягом доби, а продукт за 24 години встигає охолонути до температури в камері.

Теплонадходження від продукту Q_2 (в кВт) при холодильній обробці в камерах охолодження періодичної дії визначають по формулі:

$$Q_{2пр} = 1,3 M_{пр} \Delta i \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} \quad (2.51)$$

де 1,3 – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність теплового навантаження; $M_{пр}$ – добове надходження продукту; $\tau_{обр}$ – тривалість холодильної обробки, год/добу.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Приймаємо тривалість холодильної обробки для камер попереднього охолодження картоплі 168 годин, а для інших камер охолодження 24 години.

Також необхідно розрахувати теплонадходження від тари за формулою:

$$Q_{2T} = M_T \cdot c_T \cdot (t_1 - t_2) \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} \quad (2.52)$$

де M_T – добове надходження тари, приймаємо пропорційно добовому надходженню продукту, т/добу; c_T – питома теплоємність тари, кДж/(кг*К).

Масу тари приймаємо як 10% від маси продукції, а питому теплоємність дерев`яної та картонної тари приймаємо $c_T = 2,3$ кДж/(кг*К).

Теплонадходження від фруктів та овочів при “диханні” розраховують за такою формулою:

$$Q_5 = B_K (0,1q_H + 0,1q_{збер}) 10^{-3} \quad (2.53)$$

де B_K – місткість камери, т; q_H , $q_{збер}$ – тепловиділення плодів при температурах надходження та збереження, Вт/т.

Для камер охолодження проводимо розрахунок по іншій формулі:

$$Q_5 = B_K q_H 10^{-3} \quad (2.54)$$

За цими всіма вихідними даними проводимо розрахунки і заносимо результати в таблицю 8 та таблицю 9.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8 – Теплонадходження Q₂

Назва камери	t ₁ , °C	t ₂ , °C	Δi, кДж/кг	V _к , т	Q _{пр} , кВт	Q _г , кВт	Q _{2заг} , кВт
Камера зберігання картоплі	13	3	41	110	9,7	2,0	11,7
Камера зберігання моркви	5	1	13	80	12,0	0,9	12,9
Камера зберігання буряка	5	1	13	85	12,8	0,9	13,7
Камера зберігання капусти	5	1	13	80	12,0	0,9	12,9
Камера зберігання винограду	16,5	1	50	80	46,3	3,3	49,6
Камера зберігання полуниці	-18	-25	7,5	35	3,0	0,7	3,7
Камера охолодження моркви та буряка	13,3	5	33	80	39,7	1,8	41,5
Камера охолодження капусти	13,3	5	33	80	39,7	0,0	39,7
Камера охолодження полуниці	21,2	5	57	35	30,0	1,5	31,5

Таблиця 9 – Теплонадходження від дихання Q₅

Назва камери	V _к , т	q _п , Вт/т	q _{збер} , Вт/т	Q ₅ , кВт
Камера зберігання картоплі	750	24	23	17,3
Камера зберігання моркви	800	28	38	29,6
Камера зберігання буряка	600	34	20	12,8
Камера зберігання капусти	800	51	33	27,8
Камера зберігання винограду	200	78	9	3,2
Камера охолодження моркви та буряку	165	116	-	19,1
Камера охолодження капусти	80	121	-	9,7
Камера охолодження полуниці	35	78	-	2,7

2.6.3 Теплонадходження від вентиляції приміщень

Теплонадходження від зовнішнього повітря при вентиляції приміщень розраховуються за формулою:

$$Q_3 = M_{\text{пов}}(i_3 - i_v) \quad (2.55)$$

де M_{пов} – масова витрата повітря вентиляційного повітря, кг/с; i₃, i_v – питомі енталпії зовнішнього повітря і повітря в камері, кДж/кг.

Масова витрата вентиляційного повітря M_{пов} (в кг/с) визначають виходячи з необхідності забезпечення кратності повітрообміну декількох об'ємів в добу.

$$M_{\text{пов}} = \frac{V_k \alpha \rho_v}{24 \cdot 3600} \quad (2.56)$$

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_k - об'єм камери, m^3 ; α – кратність повітрообміну; ρ_v – густина повітря при температурі та відносній вологості повітря в камері kg/m^3 .

Заносимо результати розрахунків у таблицю 10 та таблицю 11.

Таблиця 10 – Теплонадходження від вентиляції в “літньому режимі” Q_3

Назва камери	α , об'ємів/добу	i_3 , кДж/кг	i_v , кДж/кг	L, м	W, м	$M_{пов}$, кг/с	Q_3 , кВт
Камера зберігання картоплі	8	45	14,2	30	24	0,56	17,26
Камера зберігання моркви	8	45	10,6	24	24	0,45	15,42
Камера зберігання буряка	8	45	10,6	24	18	0,34	11,56
Камера зберігання капусти	8	45	10,6	42	18	0,59	20,24
Пакувальний цех	1,5	45	11,6	18	6	0,02	0,53
Платформа	1,5	45	11,6	30	18	0,08	2,63
Камера заморозки полуниці	1,5	45	5,6	18	18	0,05	1,86

Таблиця 11 – Теплонадходження від вентиляції в “зимовому режимі” Q_3

Назва камери	α , об'ємів/добу	i_3 , кДж/кг	i_v , кДж/кг	L, м	W, м	$M_{пов}$, кг/с	Q_3 , кВт
Камера зберігання картоплі	8	-16,2	14,2	30	24	0,56	-17,03
Камера зберігання моркви	8	-16,2	10,6	24	24	0,45	-12,01
Камера зберігання буряка	8	-16,2	10,6	24	18	0,34	-9,01
Камера зберігання капусти	8	-16,2	10,6	42	18	0,59	-15,77
Пакувальний цех	1,5	-16,2	11,6	18	6	0,02	-0,44
Платформа	1,5	-16,2	11,6	30	18	0,08	-2,19
Камера заморозки полуниці	1,5	-16,2	5,6	18	18	0,05	-1,03

2.6.4 Експлуатаційні теплонадходження

Ці теплонадходження виникають через освітлення камер, перебування в них персоналу, роботи електродвигунів та відкривання дверей.

Експлуатаційні теплонадходження від кожного джерела розраховують окремо.

Теплові надходження від освітлення q_1 (в кВт) визначають по формулі:

$$q_1 = AF \cdot 10^{-3} \quad (2.57)$$

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де A – теплота, що виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на 1 м^2 площі підлоги, $\text{Вт}/\text{м}^2$; F – площа камери, м^2 .

З урахуванням коефіцієнту одночасності ввімкнення освітлювальних приладів можна прийняти $A = 2,3 \text{ Вт}/\text{м}^2$ - для камер зберігання та $A = 4,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ – для камер холодильної обробки, платформ та коридору відповідно.

Теплонадходження від персоналу q_2 (в кВт):

$$q_2 = 0,35n \quad (2.58)$$

де $0,35$ – виділення тепла одною людиною при тяжкій фізичній праці, кВт; n – кількість робочого персоналу в приміщенні.

Кількість людей, працюючих в приміщенні, приймають в залежності від площі камери: при площі камери до 200 м^2 – 2 – 3 людини; при площі камери більше 200 м^2 – 3 – 4 людини.

Теплонадходження від працюючих електродвигунів q_3 (в кВт) при розташуванні електродвигунів в охолоджуваному приміщенні визначають по формулі:

$$q_3 = N_e \quad (2.59)$$

де N_e – сумарна потужність електромоторів, кВт.

Задаємося приблизною потужністю електромоторів для камер зберігання, платформи та коридору - $N_e = 4 \text{ кВт}$, та для камер охолодження - $N_e = 8 \text{ кВт}$ відповідно.

Теплові надходження від відкриття дверей q_4 (в кВт) розраховують по формулі:

$$q_4 = KF * 10^{-3} \quad (2.60)$$

де K – питома надходження тепла від відкриття дверей, $\text{Вт}/\text{м}^2$; F – площа камери, м^2 .

Приймаємо питома надходження тепла від відкриття дверей $K=12 \text{ Вт}/\text{м}^2$ – для камер зберігання; $K=20 \text{ Вт}/\text{м}^2$ – для цеху заморозки полуниці, платформи та коридору; $K=38 \text{ Вт}/\text{м}^2$ – для пакувального цеху.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Експлуатаційні теплонадходження визначаються як сума теплових надходжень (в Вт) окремих видів:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (2.61)$$

Всі результати розрахунків заносимо в відповідні таблиці:

Таблиця 12 – Теплонадходження від освітлення q_1

Назва камери	A, Вт/м ²	F, м ²	q ₁ , кВт
Камера зберігання картоплі	2,3	720	1,7
Камера зберігання моркви	2,3	576	1,3
Камера зберігання буряка	2,3	432	1,0
Камера зберігання капусти	2,3	756	1,7
Камера зберігання винограду	2,3	504	1,2
Камера зберігання полуниці	2,3	576	1,3
Камера охолодження моркви та буряка	4,7	144	0,7
Камера охолодження капусти	4,7	108	0,5
Камера охолодження полуниці	4,7	216	1,0
Цех заморозки полуниці	4,7	324	1,5
Пакувальний цех	4,7	108	0,5
Платформа	4,7	540	2,5
Коридор	4,7	396	1,9

Таблиця 13 – Теплонадходження від персоналу q_2

Назва камери	n	F, м ²	q ₂ , кВт
Камера зберігання картоплі	4	1192	1,4
Камера зберігання моркви	4	763	1,4
Камера зберігання буряка	4	429	1,4
Камера зберігання капусти	4	1315	1,4
Камера зберігання винограду	4	584	1,4
Камера зберігання полуниці	4	763	1,4
Камера охолодження моркви та буряка	3	97	1,1
Камера охолодження капусти	3	55	1,1
Камера охолодження полуниці	4	219	1,4
Цех заморозки полуниці	4	493	1,4
Пакувальний цех	3	55	1,1
Платформа	4	1371	1,4
Коридор	4	737	1,4

Таблиця 14 – Теплонадходження від відкривання дверей q_4

Назва камери	K, Вт/м ²	F, м ²	q ₄ , кВт
Камера зберігання картоплі	12	720	8,6
Камера зберігання моркви	12	576	6,9
Камера зберігання буряка	12	432	5,2
Камера зберігання капусти	12	756	9,1
Камера зберігання винограду	12	504	6,0
Камера зберігання полуниці	12	576	6,9
Камера охолодження моркви та буряка	12	144	1,7
Камера охолодження капусти	12	108	1,3
Камера охолодження полуниці	12	216	2,6
Цех заморозки полуниці	20	324	6,5
Пакувальний цех	38	108	4,1
Платформа	20	540	10,8
Коридор	20	396	7,9

Таблиця 15 – Загальні експлуатаційні теплонадходження Q₄

Назва камери	Q ₄ , кВт
Камера зберігання картоплі	12,3
Камера зберігання моркви	10,6
Камера зберігання буряка	14,5
Камера зберігання капусти	11,4
Камера зберігання винограду	12,3
Камера зберігання полуниці	11,1
Камера охолодження моркви та буряка	10,3
Камера охолодження капусти	11,6
Камера охолодження полуниці	11,9
Цех заморозки полуниці	9,5
Пакувальний цех	15,9
Платформа	13,3
Коридор	1,4

Заносимо всі результати розрахунків в зведені таблиці результатів (див. таблиця 16 та 17).

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 16 – Теплонадходження в “літньому режимі”

Номер	Назва камери	Площа камери F, м ²	Температури, °С		Нагрузка на обладнання, кВт					
			t _в	t ₀	Q _{1заг}	Q _{2заг}	Q _{3заг}	Q _{4заг}	Q _{5заг}	Q _{заг}
1	Камера зберігання картоплі	576	3	-10	3,8	5,8	3,2	7,9	8,7	29,4
2	Камера зберігання картоплі	576	3	-10	3,8	5,8	3,2	7,9	8,7	29,4
3	Камера зберігання моркви	720	1	-10	6,4	12,9	5,8	13,6	29,6	68,3
4	Камера зберігання буряку	432	1	-10	7,0	13,7	4,3	11,6	12,8	49,4
5	Камера зберігання капусти	756	1	-10	7,2	12,9	7,6	16,2	27,8	71,7
6	Камери зберігання винограду	504	1	-10	5,0	12,4	-	3,2	21,3	41,9
7	Камери зберігання винограду	504	1	-10	5,0	12,4	-	3,2	21,3	41,9
8	Камери зберігання винограду	504	1	-10	5,0	12,4	-	3,2	21,3	41,9
9	Камера зберігання винограду кутова	504	1	-10	7,0	12,4	-	3,2	21,3	43,9
10	Камера зберігання полуниці	576	-25	-35	10,0	1,9	-	6,8	-	18,7
11	Камера зберігання полуниці	576	-25	-35	10,0	1,9	-	6,8	-	18,7
12	Камера охолодження моркви та буряка	144	5	-10	0,9	85,6	-	11,5	19,1	117,1
13	Камера охолодження капусти	108	5	-10	1,2	39,7	-	10,9	9,7	61,5
14	Камера охолодження полуниці	216	5	-10	2,7	31,5	-	13,0	2,7	49,9
15	Цех заморозки полуниці	324	5	-10	2,7	-	-	13,4	-	16,1
16	Пакувальний цех	72	0	-10	1,3	-	0,5	9,7	-	11,5
17	Платформа	540	4	-10	5,9	-	2,6	18,7	-	27,2
18	Коридор	396	4	-10	1,8	-	1,9	15,2	-	18,9
19	Шокфризер 1000 кг/год	-	-35	-42	-	-	-	-	-	180,0
20	Шокфризер 1500 кг/год	-	-35	-42	-	-	-	-	-	240,0

Загалом для t₀= -10°C Q_{заг}=720 кВтЗагалом для t₀= -35°C Q_{заг}=37,4 кВтЗагалом для t₀= -42°C Q_{заг}=420 кВт

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 17 – Теплонадходження в “зимовому режимі”

Номер	Назва камери	Площа камери F, м ²	Температури, °С		Нагрузка на обладнання, кВт				
			t _в	t ₀	Q _{1заг}	Q _{3заг}	Q _{4заг}	Q _{5заг}	Q _{заг}
1	Камера зберігання картоплі	576	3	-10	-3,1	-17,0	7,9	8,7	-3,5
2	Камера зберігання картоплі	576	3	-10	-3,1	-17,0	7,9	8,7	-3,5
3	Камера зберігання моркви	720	1	-10	-4,3	-12,0	13,6	29,6	26,9
4	Камера зберігання буряку	432	1	-10	-5,2	-9,0	11,6	12,8	10,2
5	Камера зберігання капусти	756	1	-10	-4,4	-15,8	16,2	27,8	23,8
6	Камери зберігання винограду	504	1	-10	-2,8	-	3,2	3,2	3,6
7	Камери зберігання винограду	504	1	-10	-2,8	-	3,2	21,3	21,7
8	Камери зберігання винограду	504	1	-10	-2,8	-	3,2	21,3	21,7
9	Камера зберігання винограду кутова	504	1	-10	-4,4	-	3,2	21,3	20,1
10	Камера зберігання полуниці	576	-25	-32	4,7	-	6,8	-	11,5
11	Камера зберігання полуниці	576	-25	-32	4,7	-	6,8	-	11,5
12	Камера охолодження моркви та буряка	144	5	-10	-0,8	-	11,5	19,1	29,8
13	Камера охолодження капусти	108	5	-10	-1,4	-	10,9	9,7	19,2
14	Камера охолодження полуниці	216	5	-10	-2,2	-	13,0	2,7	13,5
15	Цех заморозки полуниці	324	5	-10	-2,1	-	13,4	-	11,3
16	Пакувальний цех	72	0	-10	0,0	-0,4	9,7	-	9,3
17	Платформа	540	4	-10	-5,2	-2,2	18,7	-	11,3
18	Коридор	396	4	-10	-2,8	-1,0	15,2	-	11,4

2.6.5 Визначення навантаження на обладнання

Для розрахунку дійсного навантаження на камерне обладнання та компресори нам необхідно врахувати всі особливості технологічного процесу та задатись фактором неодночасності навантаження від теплонадходжень.

Оскільки ми проектуємо централізовану холодильну установку нам необхідно, виходячи з температурних режимів окремих камер та технологічного процесу, розділити камери на відповідні температури кипіння. Всі камери та обладнання можна чітко поділити на три температури кипіння:

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

камери зберігання та охолодження овочів – $t_0 = -10^\circ\text{C}$, камери зберігання замороженої полуниці – $t_0 = -35^\circ\text{C}$, швидкоморозильні апарати – $t_0 = -45^\circ\text{C}$.

Виходячи з неодночасності технологічного процесу, проводимо розрахунки навантаження на компресори задавшись відповідними коефіцієнтами (для $t_0 = -10^\circ\text{C}$: $Q_1 - 0,75$, $Q_2 - 0,25$, $Q_4 - 0,5$; а для $t_0 = -35^\circ\text{C}$: $Q_1 - 0,75$, $Q_2 - 0,5$, $Q_4 - 0,5$).

Навантаження на компресори при $t_0 = -10^\circ\text{C}$:

$$\begin{aligned} \sum Q_{-10} &= Q_1 * 0,75 + Q_2 * 0,25 + Q_3 + Q_4 * 0,5 + Q_5 \\ \sum Q_{-10} &= 66,7 * 0,75 + 257,5 * 0,25 + \\ &+ 29,1 + 162,2 * 0,5 + 186,4 = 411 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (2.62)$$

Навантаження на компресори при $t_0 = -35^\circ\text{C}$:

$$\begin{aligned} \sum Q_{-25} &= Q_1 * 0,75 + Q_2 * 0,5 + Q_4 * 0,5 \\ \sum Q_{-25} &= 20 * 0,75 + 3,8 * 0,5 + 13,6 * 0,5 = 23,7 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (2.63)$$

Навантаження для компресорів при $t_0 = -45^\circ\text{C}$ дорівнює сумі холодоспоживання шокфризерів, тобто:

$$Q_{-45} = 180 + 240 = 420 \text{ кВт} \quad (2.64)$$

Результати розрахунків з урахуванням поправкових коефіцієнтів на тепловтрати в магістралях заносимо до таблиці 18.

Таблиця 18 – Навантаження на обладнання

t_0 , °C	Навантаження компресори, кВт	на	Поправковий коефіцієнт	Загальне навантаження на компресори, кВт
-10	411		1.12	460
-35	23,7		1.12	26,5
-45	420		1.1	462

2.6.6 Вибір системи охолодження та типу холодильної установки

Виходячи з технологічної схеми, було прийнято рішення застосувати централізовану двоступеневу комбіновану холодильну систему з трьома температурами кипіння аміаку (-10°C , -35°C , -42°C) (див. рис. 9). Система

реалізована з використанням трьох різних схем подачі холодоагенту до споживачів.

Для забезпечення необхідної температури у камерах зберігання овочів (моркви, капусти, буряка, картоплі), а також винограду (в РГС) передбачено використання проміжного холодоносія — 35% розчину пропіленгліколю.

Охолодження гліколю здійснюється у пластинчастому випарнику В1, який охолоджується аміаком з температурою кипіння $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подача аміаку відбувається по гравітаційно-рециркуляційній схемі з використанням компаундного циркуляційного ресивера (КЦР).

Для підтримки температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ у камерах зберігання замороженої полуниці використовується схема подачі холодоагенту direct expansion. У цьому випадку аміак із температурою кипіння $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ подається на повітроохолоджувачі В2, розташовані в камерах, без надлишкової рециркуляції. Аміак подається через терморегулювальний вентиль після зниження тиску і потрапляє у випарник, де повністю випаровується. Відпрацьований газ повертається до компресора КМ2. Живлення цієї гілки здійснюється через КЦР.

Для шокowego заморожування полуниці, яке вимагає низької температури, використовується насосно-рециркуляційна схема. В даному випадку аміак з температурою $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ подається напряму на апарат шоковой заморозки В3.

Аміак циркулює до шокфрізерів через циркуляційний ресивер ЦР, з якого подається до випарника за допомогою насоса Н. Така схема забезпечує ефективне охолодження при мінімальних теплових втратах та максимальному змочуванні теплообмінних поверхонь.

Усі компресори (КМ1, КМ2, КМ3) стискають аміак, який після цього надходить у випарний конденсатор К, де відбувається його конденсація. Конденсатор оснащений вентилятором та системою зрошення, що дозволяє підтримувати високу ефективність тепловідведення при низькому споживанні енергії.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

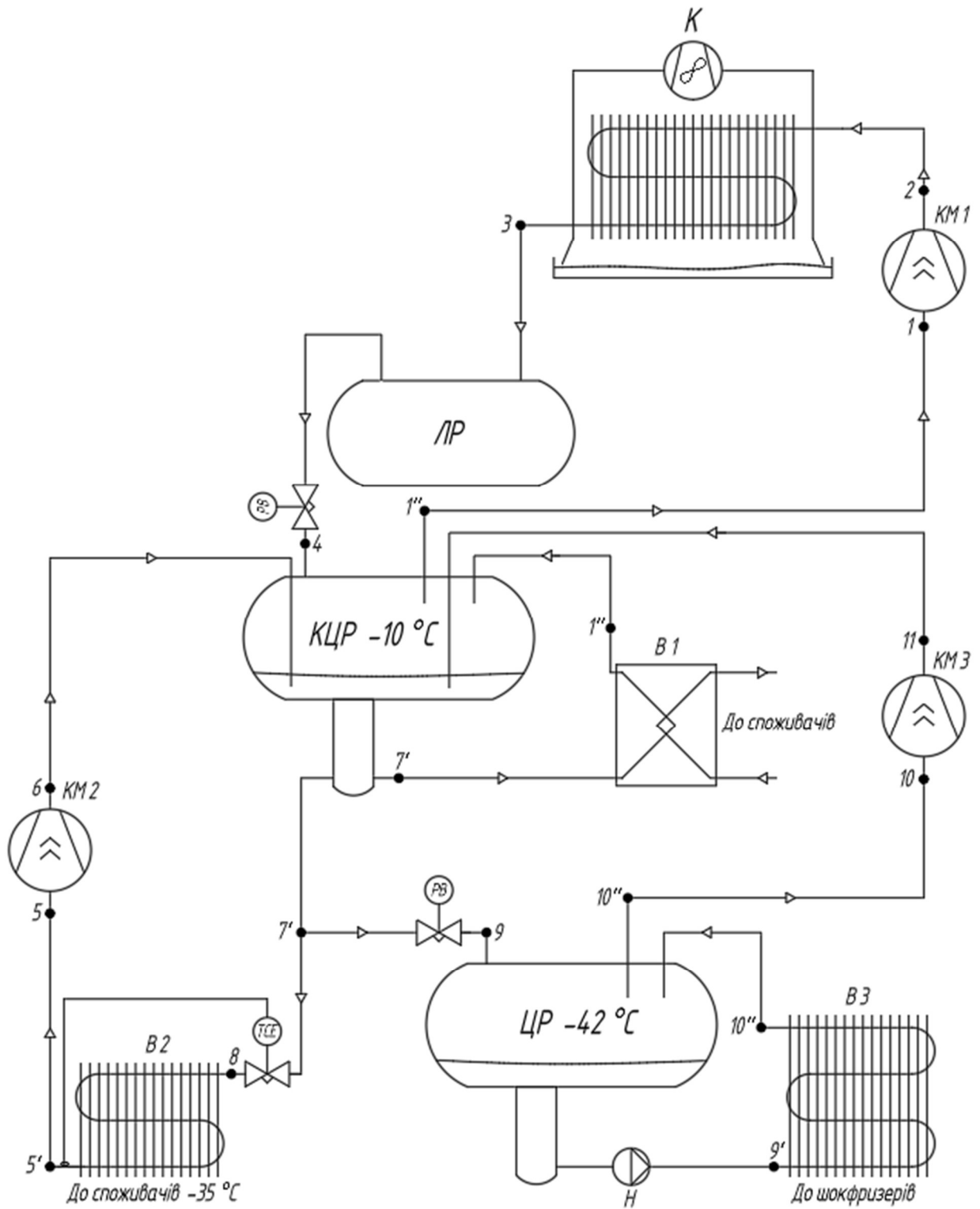


Рис. 9 – Принципова схема холодильної машини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

53

3. Розрахунок холодильної машини

3.1 Вибір розрахункового режиму роботи холодильної машини

Для теплового розрахунку холодильної машини нам необхідно знати умови її роботи, а саме: Q_0 – холодопродуктивність камер, t_k – температуру конденсації холодоагенту, t_0 – температури кипіння холодильного, $t_{вс}$ – температури всмоктування парів холодоагенту до компресорів, $t_{по}$ – температура переохолодження холодоагенту в конденсаторі, t_s – температура проміжного холодоносія.

Оскільки ми вибираємо випарний конденсатор, розрахунок температури конденсації проводиться за температурою зволоженого термометра та густиною теплового потоку (q_f , кВт/м²).

При розрахунковій літній температурі в 33°C та відносній вологості $\phi=41\%$ температура зволоженого термометра дорівнює 22°C, а густину теплового потоку q_f приймаємо 2,5 кВт/м². Підбір температури конденсації виконуємо за спеціальним графіком (див. рис 10).

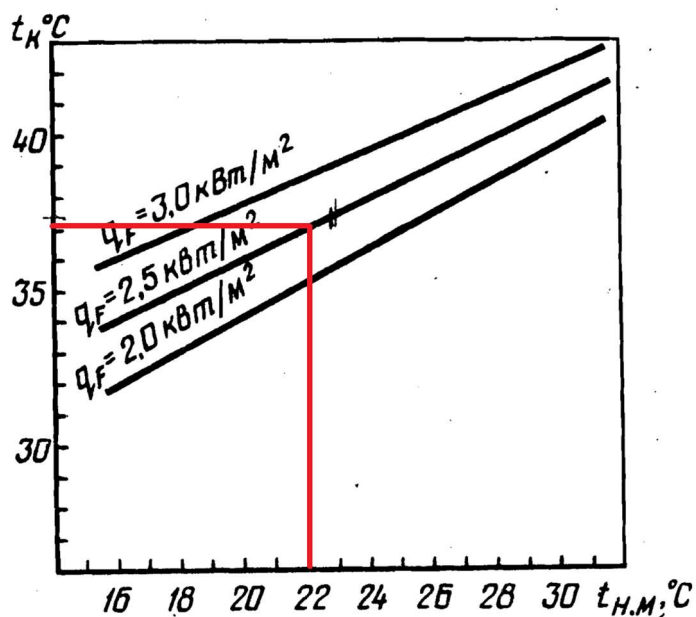


Рис. 10 – Графік температури конденсації

Виходячи з графіку отримуємо температуру конденсації 37°C.

Розрахунок температури кипіння холодоагенту для камер з плюсовою температурою виконуємо через температуру проміжного носія, який буде циркулювати по повітроохолодникам.

Температуру проміжного теплоносія (пропіленгліколю) на виході з повітроохолодників t_{s2} приймаємо на 6°C нижче ніж температура в камері t_b , а підігрів гліколю при проходженні через повітроохолодник приймаємо $\Delta t_s=4^{\circ}\text{C}$. Розрахункова температура пропіленгліколю:

$$\bar{t}_s = \frac{(t_b-6)+(t_b-6-4)}{2} = -7^{\circ}\text{C} \quad (3.1)$$

Температуру кипіння t_{01} приймаємо на 3°C нижче ніж середня температура гліколю, а t_{02} та t_{03} нижче на 10°C та 6°C відповідно:

$$t_{01} = \bar{t}_s - 3 = -7 - 3 = -10^{\circ}\text{C} \quad (3.2)$$

$$t_{02} = t_b - 10 = -25 - 10 = -25^{\circ}\text{C} \quad (3.3)$$

$$t_{03} = t_b - 7 = -35 - 7 = -42^{\circ}\text{C} \quad (3.4)$$

Температуру всмоктування парів для компресора верхньої ступені (КМ1) та нижньої (КМ3) приймається з урахуванням перегріву в трубопроводі $t_{\text{пер}} = 3^{\circ}\text{C}$, а компресора (КМ2) приймається з урахуванням перегріву у випарнику 10°C та перегріву у трубопроводі 3°C . Проводимо розрахунки:

$$t_{\text{вс1}} = t_{01} + 3 = -10 + 3 = -7^{\circ}\text{C} \quad (3.5)$$

$$t_{\text{вс2}} = t_{02} + 8 + 3 = -35 + 11 = -22^{\circ}\text{C} \quad (3.6)$$

$$t_{\text{вс3}} = t_{03} + 3 = -42 + 3 = -39^{\circ}\text{C} \quad (3.7)$$

Температура переохолодженого аміаку після випарного конденсатора $t_{\text{п.о.}}$ приймаємо на 2°C нижче температури конденсації:

$$t_{\text{п.о.}} = t_k - 2 = 37 - 2 = 35^{\circ}\text{C} \quad (3.8)$$

3.2 Тепловий розрахунок

3.2.1 Вибір компресора

Для теплового розрахунку холодильної машини та підбору компресорів нам необхідно побудувати цикл (див. рис. 11) холодильної машини у $\lg(p)$ - h діаграмі та знайти параметри всіх вузлових точок циклу. Для побудови циклу на R717 та розрахунку параметрів у вузлових точках використовуємо прикладну програму "Coolpack".

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

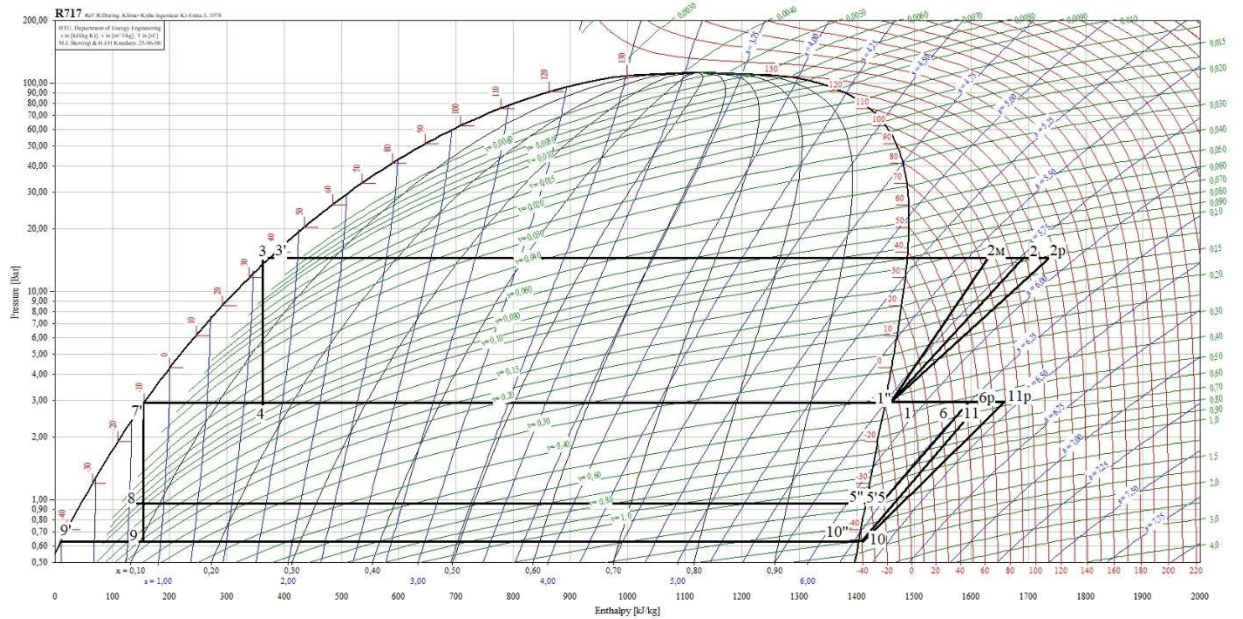


Рис. 11 - lg(p)-h діаграма циклу холодильної машини на R717
 Параметри кожної точки заносимо у таблицю 18.

Таблиця 18 – Вузлові точки циклу холодильної машини

Точка	t, °C	p, бар	v, м3/кг	h, кДж/кг
1''	-10	3	-	1450
1	-7	3	0,42	1460
2	108	14,5	-	1695
2p	126	14,5	-	1736
2м	85	14,5	-	1629
3'	37	14,5	-	378
3	35	14,5	-	364
4	-10	3	-	364
5''	-35	1	-	1417
5'	-27	1	-	1431
5	-22	1	1,24	1445
6	39	3	-	1595
6p	60	3	-	1615
7'	-10	3	-	154
8	-35	1	-	154
9	-42	0,6	-	154
9'	-42	0,6	-	10
10''	-42	0,6	-	1402
10	-39	0,6	1,76	1403
11	42	3	-	1615
11p	79	3	-	1655

Для початку нам треба, виходячи з попередніх розрахунків, задатись необхідною холодопродуктивністю для кожної температури кипіння: $Q_{0(-10)}=460$ кВт, $Q_{0(-35)}=26,5$ кВт, $Q_{0(-42)}=462$ кВт.

Переходимо до розрахунку масової витрати холодоагенту для кожного компресора:

$$M_{-10} = \frac{Q_{0(-10)}}{h_{1''}-h_7} = \frac{460}{1450-154} = 0,354 \text{ кг/с} \quad (3.9)$$

$$M_{-35} = \frac{Q_{0(-35)}}{h_{5'}-h_8} = \frac{26,5}{1431-154} = 0,020 \text{ кг/с} \quad (3.10)$$

$$M_{-42} = \frac{Q_{0(-42)}}{h_{10''}-h_{9'}} = \frac{462}{1402-10} = 0,331 \text{ кг/с} \quad (3.11)$$

Для кожного компресора знаходимо коефіцієнти подачі:

$$\text{Для КМ1}_{(-10)} - P_k/P_0 = 14,5/3 = 4,83$$

$$\text{Для КМ2}_{(-35)} - P_k/P_0 = 3/1 = 3$$

$$\text{Для КМ3}_{(-42)} - P_k/P_0 = 3/0,6 = 5$$

$$\lambda_{(-10)} = 0,85$$

$$\lambda_{(-35)} = 0,88$$

$$\lambda_{(-42)} = 0,84$$

Індикаторний ККД приймаємо рівний значенню коефіцієнта подачі $\eta_i = \lambda$.

Розраховуємо реальні точки перегрітої пари на виході з компресора:

$$h_{11p} = \frac{h_{11}-h_{10}}{\eta_{i(-4)}} + h_{10} = \frac{1615-1403}{0,84} + 1403 = 1655 \text{ кДж/кг} \quad (3.12)$$

$$h_{6p} = \frac{h_6-h_5}{\eta_{i(-35)}} + h_5 = \frac{1595-1445}{0,88} + 1445 = 1615 \text{ кДж/кг} \quad (3.13)$$

$$h_{2p} = \frac{h_2-h_1}{\eta_{i(-10)}} + h_1 = \frac{1695-1460}{0,85} + 1460 = 1736 \text{ кДж/кг} \quad (3.14)$$

Знаходимо масову витрату холодоагенту в компресорах. Для КМ2 масова витрата компресора рівна масовій витраті на випарнику, а для компресорів КМ1 та КМ2 масова витрата m знаходиться через складання теплового балансу в КРЦ та РЦ відповідно. Розрахунок РЦ:

$$m_{-42} * h_9 + M_{-42} * h_{10''} = m_{-42} * h_{10''} + M_{-42} * h_{9'} \quad (3.15)$$

$$m_{-4} * h_9 - m_{-4} * h_{10''} = -(M_{-42} * h_{10''}) + M_{-42} * h_{9'}$$

$$m_{-42} * 154 - m_{-42} * 1402 = -(0,331 * 1402) + 0,331 * 10$$

									Арк.
									57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 ДП.142.014.008.ПЗ				

$$m_{-42} = 0,369 \text{ кг/с}$$

Масова витрата КМ2:

$$m_{-35} = M_{-35} \quad (3.16)$$

Масова витрата КМ1 через рівняння теплового балансу з урахування m_{-35} та m_{-42} :

$$\begin{aligned} m_{-4} * h_{11p} + m_{-35} * h_{6p} + m_{-10} * h_4 + M_{-10} * \\ * h_{1''} = m_{-4} * h_{7'} + m_{-35} * h_{7'} + M_{-10} * h_{7'} + m_{-10} * h_{1''} \\ m_{-10} * h_4 - m_{-10} * h_{1''} = -(m_{-45} * h_{11p} + m_{-3} * h_{6p} + M_{-10} * h_{1''}) + \\ + m_{-45} * h_{7'} + m_{-3} * h_{7'} + M_{-1} * h_{7'} \\ m_{-10} * 364 - m_{-10} * 1450 = \\ = -(0,369 * 1655 + 0,020 * 1445 + 0,354 * 1450) + \\ + 0,369 * 154 + 0,020 * 154 + 0,354 * 154 \\ m_{-10} = 0,955 \text{ кг/с} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Знаходимо теоретичну об'ємну витрату аміаку на компресорах:

$$\sum V_{T(-10)} = m_{-1} * \frac{v_1}{\lambda_{(-10)}} = 0,955 * \frac{0,42}{0,85} = 0,471 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.18)$$

$$\sum V_{T(-3)} = m_{-35} * \frac{v_5}{\lambda_{(-35)}} = 0,020 * \frac{1,24}{0,88} = 0,028 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.19)$$

$$\sum V_{T(-4)} = m_{-42} * \frac{v_{10}}{\lambda_{(-42)}} = 0,369 * \frac{1,76}{0,84} = 0,773 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.20)$$

На $t_0 = -10^\circ\text{C}$ ставимо 4 відкриті гвинтові компресори моделі OSKA8571-K від фірми "Bitzer". Об'ємна продуктивність одного такого компресора $0,122 \text{ м}^3/\text{с}$. Загальна продуктивність всіх компресорів $0,488 \text{ м}^3/\text{с} > 0,471 \text{ м}^3/\text{с}$. Додаткова інформація наведена в додатку 1. [20].

На $t_0 = -35^\circ\text{C}$ ставимо 1 відкритий гвинтовий компресор моделі OSNA7452-K від фірми "Bitzer". Об'ємна продуктивність такого компресора $0,046 \text{ м}^3/\text{с} > 0,028 \text{ м}^3/\text{с}$. Додаткова інформація наведена в додатку 2. [20].

На $t_0 = -42^\circ\text{C}$ ставимо 4 відкриті гвинтові компресори моделі OSNA9583-K від фірми "Bitzer". Об'ємна продуктивність одного такого компресора $0,202 \text{ м}^3/\text{с}$. Загальна продуктивність всіх компресорів $0,808 \text{ м}^3/\text{с} > 0,773 \text{ м}^3/\text{с}$. Додаткова інформація наведена в додатку 3. [20].

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Розраховуємо дійсну масову витрату компресорів:

$$\sum m_{(-42)} = \lambda_{(-42)} \sum V_{T(-1)} / v_1 = 0,84 * 0,808 / 1,76 = 0,385 \text{ кг/с}; \quad (3.21)$$

$$\sum m_{(-35)} = 0,032 \text{ кг/с} \quad (3.22)$$

$$\sum m_{(-1)} = 0,987 \text{ кг/с} \quad (3.23)$$

Загальна теоретична потужність:

$$\sum N_{T(-1)} = \sum m_{(-10)} (h_{2p} - h_1) = 0,987(1736 - 1460) = 272,4 \text{ кВт}; \quad (3.24)$$

$$\sum N_{T(-35)} = 0,032(1615 - 1445) = 5,44 \text{ кВт} \quad (3.25)$$

$$\sum N_{T(-42)} = 0,385(1655 - 1403) = 97 \text{ кВт} \quad (3.26)$$

Загальна індикаторна потужність компресорів:

$$N_i = N_T / \eta_i \quad (3.27)$$

$$\sum N_{i(-10)} = 272,4 / 0,85 = 320,5 \text{ кВт} \quad (3.28)$$

$$\sum N_{i(-3)} = 5,44 / 0,88 = 6,18 \text{ кВт} \quad (3.29)$$

$$\sum N_{i(-42)} = 97 / 0,84 = 115,5 \text{ кВт} \quad (3.30)$$

Електрична потужність електродвигунів (для одного компресора):

$$N_{ел} = N_i / \eta_{мех} \eta_{ел} \quad (3.31)$$

де - $\eta_{мех}$ механічний ККД компресора $\eta_{мех} = 0,9$; $\eta_{ел}$ – ККД електродвигуна $\eta_{ел} = 0,9$.

$$N_{ел(-10)} = (320,5 / (0,9 * 0,9)) / 4 = 98,9 \text{ кВт} \quad (3.32)$$

$$N_{ел(-35)} = (6,18 / (0,9 * 0,9)) / 1 = 7,69 \text{ кВт} \quad (3.33)$$

$$N_{ел(-4)} = (97 / (0,9 * 0,9)) / 4 = 35,7 \text{ кВт} \quad (3.34)$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{\sum V_T}{\sum V_d} \quad (3.35)$$

де $\sum V_d$ – дійсна загальна об'ємна витрата компресорів, м³/с;

$$b = \frac{0,028 + 0,773 + 0,471}{0,046 + 0,808 + 0,488} = 0,94 \quad (3.36)$$

На основі всіх розрахунків підбираємо електродвигуни для компресорів:

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Для КМ1 підбираємо трифазний електродвигун АВВ М2ВА 280 SMC2 потужністю 110 кВт. Технічна інформація наведена в додатку 4. [19]

Для КМ2 підбираємо трифазний електродвигун АВВ М2АА 160 МLА2 потужністю 11 кВт. Технічна інформація наведена в додатку 5. [19]

Для КМ3 підбираємо трифазний електродвигун АВВ М2АА 225 SМА4 потужністю 37 кВт. Технічна інформація наведена в додатку 6. [19]

3.2.2 Підбір мастилоохолодника

Для підбору повітряного мастилоохолодника нам необхідно розрахувати теплове навантаження та задатись температурами входу та виходу з мастилоохолодника.

Приймаємо температуру входу в мастилоохолодник $t_{\text{вх}}=85^{\circ}\text{C}$ та виходу $t_{\text{вих}}=60^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок теплового навантаження на мастилоохолодник:

$$Q_{\text{м.о.}} = m_{(-10)}(h_{2\text{р}} - h_{2\text{м}}) = 0,987(1738 - 1629) = 107,6 \text{ кВт} \quad (3.37)$$

За цими даними за допомогою сервісу “MyGuntner” підбираємо потрібний нам мастилоохолодник: (див. рис. 12 та 13).

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

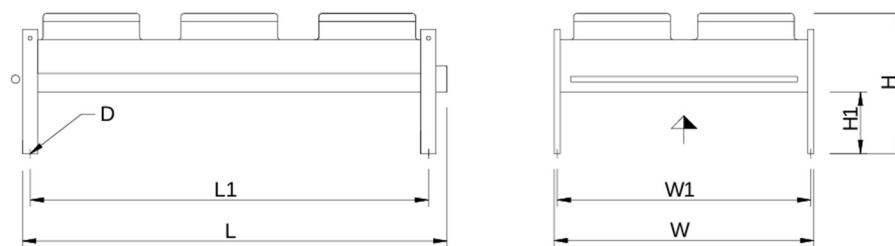


Маслоохладитель

GOHC OD 050.1/23-53-0189152M

Мощность:	110,00 kW ⁽¹⁾	Среда:	ISO VG68 ⁽²⁾
Резерв поверхности:	0,40 %	Т. входа:	85,00 °C
Объемн. расход возд.:	48 195,00 m ³ /h	Т. Выхода:	60,00 °C
Скорость воздуха:	1,80 m/s	Потери давления:	0.53 bar
Воздух на входе:	33,00 °C 41 %	Объемный расход:	9.13 m ³ /h
Геогр. высота:	1,00 m	Массовый расход:	7687 kg/h
Воздух на выходе:	39,90 °C 28 %		
К теплопередачи:	3.39 W/(m ² ·K)		
Вентиляторы (АС):	6 шт. 3~400V 50HzΔ/(Y)	Уровень звукового давления:	53,00 dB(A) in 10,00 m ⁽⁴⁾⁽⁵⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	85,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1390 min ⁻¹ / (1180 min ⁻¹)	ErP:	Compliant ⁽⁷⁾
Мощность(эл.):	0.72 kW		
Потребл. ток:	1,41 A ⁽³⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	3,99 kW	класс энергетич. эффективности:	—
Корпус:	Оцинк. сталь, Порошковое покрытие RAL 7035	Трубы:	Медь ⁽⁸⁾
Площадь пов-ти:	926,00 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁸⁾
Объем труб:	73.5 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	2,40 mm	Вход:	64 * 2.00 mm
Вес (пустой):	565 kg ⁽¹⁰⁾	Выход:	64 * 2.00 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽⁹⁾
		Nходов:	4

Рис. 12 – Підбір мастилоохолодника



L = 3684 mm
 W = 2096 mm
 H = 1119 mm
 H1 = 600 mm
 L1 = 3500 mm
 W1 = 2056 mm
 D = 13 mm

Рис. 13 – розміри мастилоохолодника

3.2.4 Підбір пластинчатого випарника для проміжного теплоносія

Дійсне теплове навантаження на випарник:

$$Q_v = Q_0 = 460 \text{ кВт}$$

Логарифмічна різниця температур:

$$\overline{\Delta t}_{\text{вип}} = \frac{t_{\text{пр1}} - t_{\text{пр2}}}{\ln \frac{t_{\text{пр1}} - t_0}{t_{\text{пр2}} - t_0}} = \frac{-8 - (-5)}{\ln \frac{-8 - (-10)}{-5 - (-10)}} = 3,27 \text{ }^\circ\text{C} \quad (3.40)$$

де $t_{\text{пр1}}$ – температура проміжного холодоносія на вході у випарник, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{пр2}}$ – температура проміжного холодоносія на виході з випарника, $^\circ\text{C}$; t_0 – температура кипіння холодильного агента, $^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт теплопередачі для пластинчастого теплообмінника обирається на рівні

$$K_{\text{пласт.вип}} = 900 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Необхідна площа теплообмінної поверхні:

$$F_{\text{вип}} = \frac{Q_v}{K_{\text{пласт.вип}} \cdot \overline{\Delta t}_{\text{вип}}} = \frac{460000}{900 \cdot 3,27} = 156,3 \text{ м}^2 \quad (3.41)$$

Використовуючи прикладну програму підбору пластинчастих теплообмінників Alfa Laval, знаходимо необхідний нам теплообмінник моделі T21-BWcFT на 114 пластин (див. рис. 15). Додаткова технічна інформація наведена в додатку 7.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Plate Heat Exchanger

Technical specification

Customer :
Model : T21-BWcFT
Project: : Dima 100625
Item : Evaporator

Date : 10.06.2025

Fluid		Hot side	Cold side
		35.0%Prop.glycol	Ammonia
Mass flow rate	kg/h	144600	1833
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	1283
Inlet temperature	°C	-5.0	-10.0
Dew point	°C		-10.0
Outlet temperature(vapour/liquid)	°C	-8.0	-10.0
Operating pressure (In/Out)	bara	/	2.92/2.88
Pressure drop (Perm/Calculate)	kPa	100/76.5	11.9/4.96
Velocity connection (In/Out)	m/s	1.23/1.23	0.0250/4.93
Heat Exchanged		kW	460.0
Heat transfer area		m ²	90.6
O.H.T.C clean conditions		W/(m ² ·K)	1989
O.H.T.C service		W/(m ² ·K)	1616
Fouling Resistance* 10000		m ² ·K/W	0.35
Duty margin		%	16
Mean Temperature Difference		K	3.1
Relative directions of fluids		Cocurrent	
Nozzle orientation		S2 -> S1	S3 -> S4
Connections S1, S2, S3, S4:		FLANGE EN1092-1 DN200 PN25, lining SS	
No. of plates		114	
No. of effective plates		112	
Number of passes		1	1
Extension capacity		21	
Plate material / Thickness		ALLOY 316 / 0.70 mm	
Sealing material		NBRP	Welded
Ring Gasket		CR	
Pressure vessel code		PED	
Design pressure		bar	10.0 16.0
Test pressure		bar	14.3 22.9
Design temperature		°C	50.0/-10.0 50.0/-10.0
Overall length x width x height		mm	1155 x 780 x 2153
Liquid volume		dm ³	136.24 138.58
Net weight, empty / operating / Flooded		kg	3060 / 3200 / 3280
Packed weight		kg	3169
Type of package		SKID BASE LYING	
volume		m ³	2.4
length x width x height		mm	2350 x 900 x 1122

Рис. 15 – Підбір пластинчастого теплообмінника Alfa Laval

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

3.2.5 Підбір випарників для камери зберігання полуниці

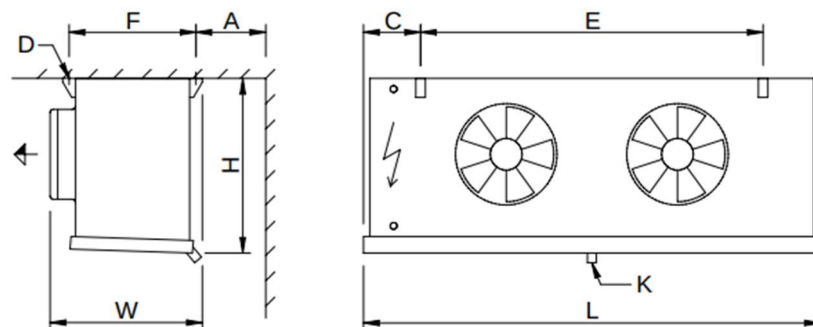
Виходячи з розмірів камери зберігання замороженої полуниці приймаємо 8 випарників на одну камеру.

Необхідна холодильна потужність одного випарника:

$$Q_v = Q_0/n = 26,5/8 = 3,31 \text{ кВт} \quad (3.42)$$

де n – кількість випарників.

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. Рис.16 та 17).



L = 2320 mm
W = 724 mm
H = 664 mm
E = 1780 mm
F = 573 mm
C = 284 mm
A = 450 mm
D = 14 mm
K = G1¼"

Рис. 16 – Розміри випарника

Испаритель (насосная сх.)

GACV AG 045.2EN/2A-A2.A-1NNL.012M



При температуре воздуха на входе $\leq +4$ °C мы рекомендуем использовать оттайку. Dangerous refrigerant according to DIN EN 378. Please observe the applicable regulations.


Мощность:	3,30 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Хладагент:	NH3 /аммиак (R717) ⁽³⁾ 
Резерв поверхности:	0,70 %	Т кипения:	-35,00 °C
Объемн. расход возд.:	9 466,00 m ³ /h	Кр-ть циркуляции (гравитац.):	1,00
Скорость воздуха:	2,50 m/s		
Воздух на входе:	-25,00 °C		
Воздух на выходе:	-25,80 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	2 Шт. 3~400V 50HzΔ/(Y)	Уровень звукового давления:	54,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	76,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1400 min ⁻¹ / (1180 min ⁻¹)	Струя воздуха:	около 16 m ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.30 kW/0.36 kW	Иней:	2,00 mm
Потребл. ток:	0,74 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	0,54 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Нерж. сталь 1.4307 ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	47,50 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	18.3 l	Вход:	21.3 * 2.00 mm
Шаг оребрения:	12,00 mm	Выход:	21.3 * 2.00 mm
Вес (пустой):	101 kg ⁽¹¹⁾	Нходов:	20
Макс. рабочее давление:	32,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:	2320 mm		
Ширина:	724 mm		
Высота:	664 mm ⁽¹¹⁾		
Кол-во подвесок:	4		
К-во контуров:	1N		
Распределители:	3		

Рис. 17 – Технічні характеристики випарника

3.2.6 Підбір повітроохолодників

Повітроохолодники для камер зберігання картоплі:

Виходячи з розмірів камери ставимо 8 повітроохолодників.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 29,4/8 = 3,67 \text{ кВт} \quad (3.43)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див.

Рис. 18 та 19).

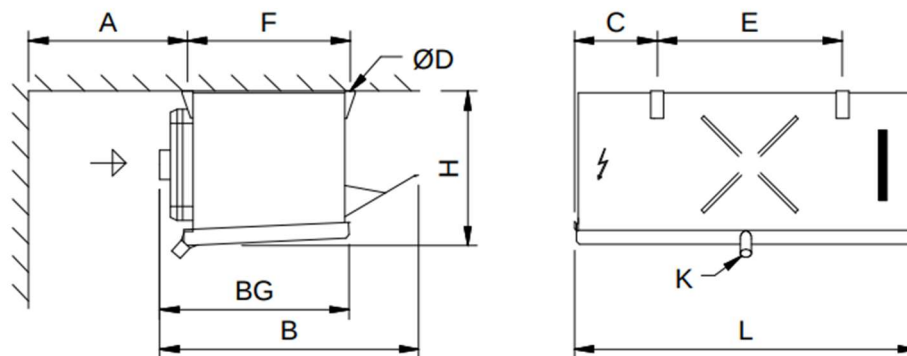
					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Воздухоохладитель

GACA FP 045.1H/17-AND55/32PE

Мощность:	3,70 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	42,10 %	Вход:	-5,00 °C
Объемн. расход возд.:	4 860,00 m ³ /h	Выход:	-1,00 °C
Скорость воздуха:	2,50 m/s	Потери давления:	0.80 bar
Воздух на входе:	3,00 °C	Объемный расход:	0.84 m ³ /h
Воздух на выходе:	1,30 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	1 Шт. 3~400V 50HzΔ/(Y)	Уровень звукового давления:	56,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	78,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1360 min ⁻¹ / (1040 min ⁻¹)	Струя воздуха:	около 19 m ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.31 kW/0.45 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	0,81 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	0,40 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	Оцинк. сталь, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	30,80 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	11.4 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	28 * 1.50 mm
Вес (пустой):	79 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	28 * 1.50 mm
Макс. рабочее давление:	16,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:	1470 mm		
Ширина:	976 mm		
Высота:	662 mm ⁽¹¹⁾		
Кол-во подвесок:	4		
Коллектор на вых.:	28 * 1.50 mm		
Коллектор на вх.:	28 * 1.50 mm		
К-во контуров:	1N		
Нходов:	32		
Распределители:	3		

Рис. 18 – технічні характеристики повітроохолодника



L = 1470 mm
 B = 976 mm
 H = 662 mm
 E = 890 mm
 F = 589 mm
 C = 304 mm
 A = 550 mm
 BG = 726 mm
 ØD = 10.5 mm
 K = G1¼"

Рис. 19 – розміри повітроохолодника

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

67

Повітроохолодники для камер зберігання винограду:

Виходячи з розмірів камери ставимо 4 повітроохолодника.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 41,9/4 = 10,5 \text{ кВт} \quad (3.44)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис. 20 та 21).

Воздухоохладитель

GACV FP 040.1LF/2A-70.A-14JD.2B8M


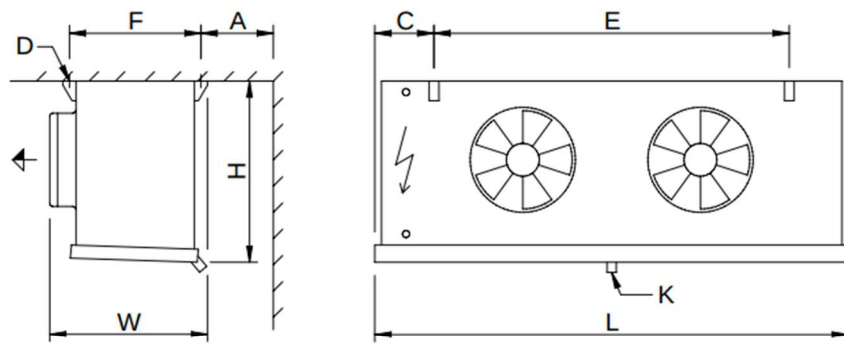
 При температуре воздуха на входе $\leq +4$ °C мы рекомендуем использовать оттайку.			
Мощность:	10,50 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	2,10 %	Вход:	-7,00 °C
Объемн. расход возд.:	5 987,00 m ³ /h	Выход:	-3,00 °C
Скорость воздуха:	2,50 m/s	Потери давления:	0.42 bar
Воздух на входе:	3,00 °C	Объемный расход:	2.41 m ³ /h
Воздух на выходе:	-0,80 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	2 Шт. 3~400V 50HzΔ/(Δ/Y)	Уровень звукового давления:	55,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	77,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1370 min ⁻¹ / (1370 min ⁻¹ , 1070 min ⁻¹)	Струя воздуха:	около 13 m ⁽⁷⁾
Мощность(эл.):	0.23 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	0,46 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	0,58 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	60,90 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	19.3 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	22 * 1.00 mm
Вес (пустой):	82 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	22 * 1.00 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:		1871 mm	
Ширина:		704 mm	
Высота:		564 mm ⁽¹¹⁾	
Кол-во подвесок:		4	
Коллектор на вых.:		22 * 1.00 mm	
Коллектор на вх.:		22 * 1.00 mm	
К-во контуров:		1N	
Нходов:		12	
Распределители:		10	

Рис. 20 – технічні характеристики повітроохолодника

										00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
											68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



L = 1871 mm
 W = 704 mm
 H = 564 mm
 E = 1360 mm
 F = 573 mm
 C = 269 mm
 A = 400 mm
 D = 14 mm
 K = G1¼"

Рис. 21 – розміри повітроохолодника

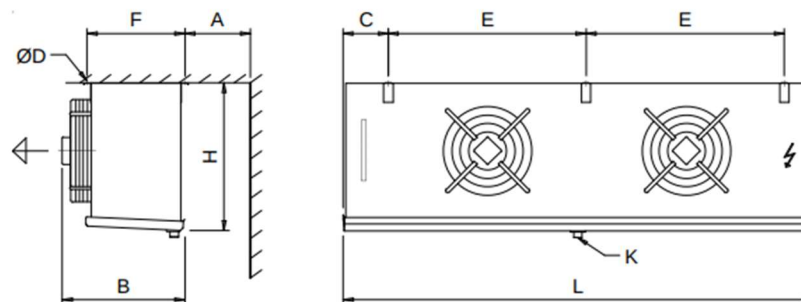
Повітроохолодники для камери зберігання капусти:

Виходячи з розмірів камери ставимо 6 повітроохолодників.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 71,7/6 = 12 \text{ кВт} \quad (3.45)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис 22 та 23).



L = 2377 mm
 B = 623 mm
 H = 755 mm
 E = 1000 mm
 F = 486 mm
 C = 234 mm
 A = 550 mm
 D = 11 mm
 K = G1¼"

Рис. 22 – розміри повітроохолодника

									00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						69

Воздухоохладитель

GACC FP 050.1/2SN/FNA7A.UNNN12



При температуре воздуха на входе $\leq +4$ °C мы рекомендуем использовать оттайку.

Мощность:	12,00 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	4,10 %	Вход:	-7,00 °C
Объемн. расход возд.:	13 679,00 m ³ /h	Выход:	-3,00 °C
Скорость воздуха:	2,70 m/s	Потери давления:	0.97 bar
Воздух на входе:	3,00 °C	Объемный расход:	2.76 m ³ /h
Воздух на выходе:	1,10 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	2 Шт. 3~400V 50HzY/(--)	Уровень звукового давления:	57,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	80,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1390 min ⁻¹ / (--)	Струя воздуха:	около 22 m ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	1,80 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	1,22 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	60,50 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	20.4 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	35 * 1.50 mm
Вес (пустой):	96 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	35 * 1.50 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:		2377 mm	
Ширина:		623 mm	
Высота:		755 mm ⁽¹¹⁾	
Кол-во подвесок:		6	
Коллектор на вых.:		35 * 1.50 mm	
Коллектор на вх.:		35 * 1.50 mm	
К-во контуров:		1N	
Нходов:		12	
Распределители:		7	

Рис. 23 – технічні характеристики повітроохолодника

Повітроохолодники для камери зберігання моркви:

Виходячи з розмірів камери ставимо 6 повітроохолодників.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 68,3/8 = 8,6 \text{ кВт} \quad (3.46)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner”(див. рис. 24 та 25).

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Воздухоохладитель

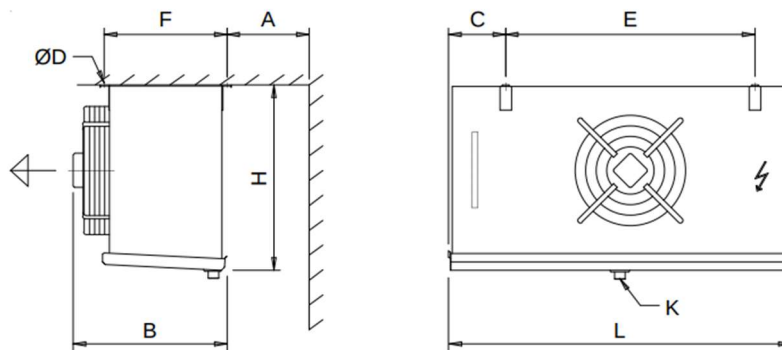
GAСС FP 050.1/1SN/HNA7A.UNNN22



При температуре воздуха на входе $\leq +4$ °C мы рекомендуем использовать оттайку.

Мощность:	8,60 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	2,70 %	Вход:	-7,00 °C
Объемн. расход возд.:	6 659,00 м³/ч	Выход:	-3,00 °C
Скорость воздуха:	2,70 м/с	Потери давления:	0,97 bar
Воздух на входе:	3,00 °C	Объемный расход:	1,97 м³/ч
Воздух на выходе:	0,20 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	1 шт. 3~400V 50HzY/(-)	Уровень звукового давления:	55,00 dB(A) in 3,00 м ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вентилятора узла:		Уровень звуковой мощности:	77,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1390 min⁻¹ / (-)	Струя воздуха:	около 19 м ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0,56 kW/0,75 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	1,80 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	0,62 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	40,30 м²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	13,9 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	35 * 1,50 mm
Вес (пустой):	58 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	35 * 1,50 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:		1373 mm	
Ширина:		623 mm	
Высота:		755 mm ⁽¹¹⁾	
Кол-во подвесок:		4	
Коллектор на вых.:		35 * 1,50 mm	
Коллектор на вх.:		35 * 1,50 mm	
К-во контуров:		1N	
Нходов:		22	
Распределители:		5	

Рис. 24 – технічні характеристики повітроохолодника



L = 1373 mm
 B = 623 mm
 H = 755 mm
 E = 1000 mm
 F = 486 mm
 C = 234 mm
 A = 550 mm
 D = 11 mm
 K = G1¼"

Рис. 25 – розміри повітроохолодника

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

71

Повітроохолодники для камери зберігання буряка:

Виходячи з розмірів камери ставимо 6 повітроохолодників.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 49,4/6 = 8,3 \text{ кВт} \quad (3.47)$$

Підбираємо такі самі теплообмінники як і для моркви.

Повітроохолодники для камери тимчасового зберігання полуниці:

Виходячи з розмірів камери ставимо 2 повітроохолодника.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 50/2 = 25 \text{ кВт} \quad (3.48)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис 26 та 27).

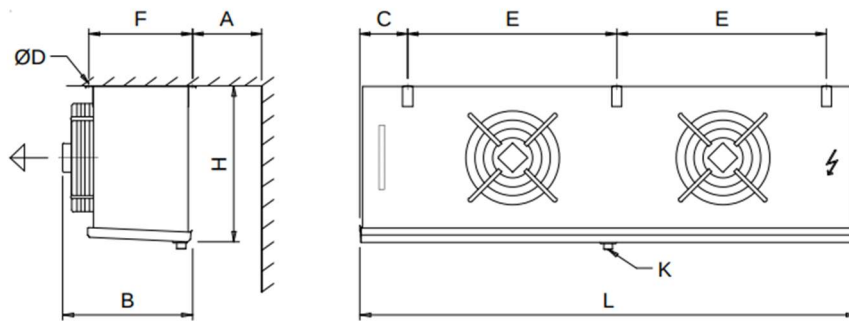
Воздухоохладитель

GACC FP 050.1/2SN/FNA7A.UNNN08

Мощность:	25,00 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	3,10 %	Вход:	-3,00 °C
Объемн. расход возд.:	13 679,00 m³/h	Выход:	2,00 °C
Скорость воздуха:	2,70 m/s	Потери давления:	0.64 bar
Воздух на входе:	15,00 °C	Объемный расход:	4.59 m³/h
Воздух на выходе:	11,10 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	2 Шт. 3~400V 50HzY(--)	Уровень звукового давления:	57,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	80,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1390 min ⁻¹ / (--)	Струя воздуха:	около 22 м ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	1,80 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	1,22 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	60,50 m²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	21.3 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	42 * 1.60 mm
Вес (пустой):	97 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	42 * 1.60 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:		2377 mm	
Ширина:		623 mm	
Высота:		755 mm ⁽¹¹⁾	
Кол-во подвесок:		6	
Коллектор на вых.:		42 * 1.60 mm	
Коллектор на вх.:		42 * 1.60 mm	
К-во контуров:		1N	
Нходов:		8	
Распределители:		10	

Рис. 26 – технічні характеристики повітроохолодника

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



L = 2377 mm
 B = 623 mm
 H = 755 mm
 E = 1000 mm
 F = 486 mm
 C = 234 mm
 A = 550 mm
 D = 11 mm
 K = G1¼"

Рис. 27 – розміри повітроохолодника

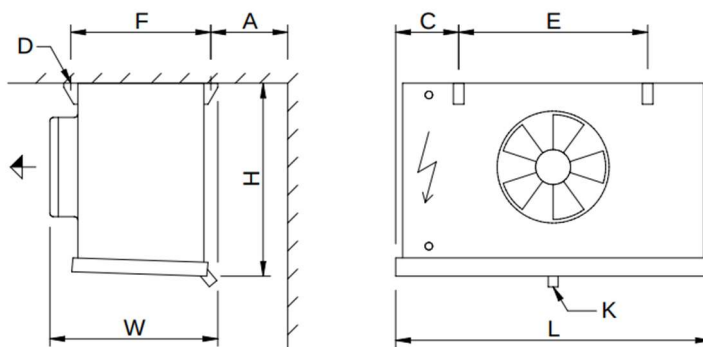
Повітроохолодник для камери попереднього охолодження капусти:

Виходячи з розмірів камери ставимо 1 повітроохолодник.

Необхідна холодильна потужність повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 61,5 \text{ кВт} \quad (3.49)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис. 28 та 29).



L = 2478 mm
 W = 1005 mm
 H = 1269 mm
 E = 1600 mm
 F = 788 mm
 C = 458 mm
 A = 900 mm
 D = 18 mm
 K = G2"

Рис. 28 – розміри повітроохолодника

Воздухоохладитель

GACV FP 080.1JF/1A-40.A-17LB.2HQM

Мощность:	61,50 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	2,40 %	Вход:	-3,00 °C
Объемн. расход возд.:	15 512,00 m ³ /h	Выход:	2,00 °C
Скорость воздуха:	2,30 m/s	Потери давления:	0.69 bar
Воздух на входе:	15,00 °C	Объемный расход:	11.28 m ³ /h
Воздух на выходе:	6,70 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (AC):	1 Шт. 3~400V 50HzΔ/(Y)	Уровень звукового давления:	66,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	89,00 dB(A)
Скор. вращ.:	870 min ⁻¹ / (630 min ⁻¹)	Струя воздуха:	около 30 m ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	1.03 kW/1.40 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	2,60 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	1,37 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	Оцинк. сталь, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	239,80 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	49.7 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	4,00 mm	Вход:	54 * 2.00 mm
Вес (пустой):	270 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	54 * 2.00 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:		2478 mm	
Ширина:		1005 mm	
Высота:		1269 mm ⁽¹¹⁾	
Кол-во подвесок:		4	
Коллектор на вых.:		54 * 2.00 mm	
Коллектор на вх.:		54 * 2.00 mm	
К-во контуров:		1N	
Нходов:		10	
Распределители:		24	

Рис. 29 – технічні характеристики повітроохолодника

Повітроохолодники для камери попереднього охолодження буряка та моркви:

Виходячи з розмірів камери ставимо 2 повітроохолодника.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 117/2 = 58,5 \text{ кВт} \quad (3.50)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис. 30 та 31).

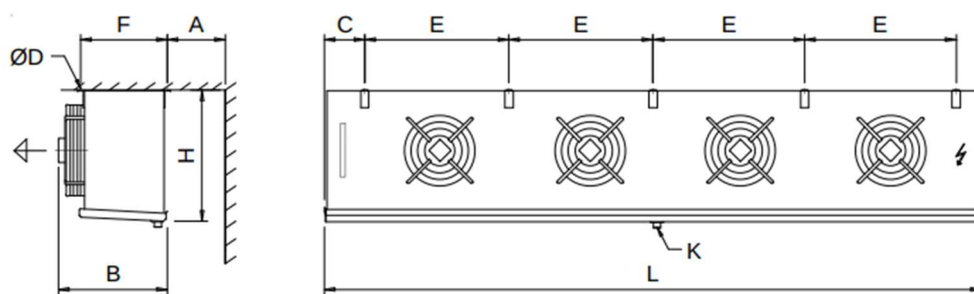
									00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
										74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Воздухоохладитель

GACC FP 050.1/4SN/HNA7A.UNNN04

Мощность:	58,50 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	1,80 %	Вход:	-3,00 °C
Объемн. расход возд.:	26 634,00 м ³ /h	Выход:	2,00 °C
Скорость воздуха:	2,70 м/s	Потери давления:	0.48 bar
Воздух на входе:	15,00 °C	Объемный расход:	10.73 м ³ /h
Воздух на выходе:	10,30 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (АС):	4 Шт. 3~400V 50HzY/(--)	Уровень звукового давления:	60,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	83,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1390 min ⁻¹ / (--)	Струя воздуха:	около 24 м ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	1,80 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	2,49 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	161,20 м ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	54.4 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	54 * 2.00 mm
Вес (пустой):	203 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	54 * 2.00 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:	4387 mm		
Ширина:	623 mm		
Высота:	755 mm ⁽¹¹⁾		
Кол-во подвесок:	10		
Коллектор на вых.:	54 * 2.00 mm		
Коллектор на вх.:	54 * 2.00 mm		
К-во контуров:	1N		
Нходов:	4		
Распределители:	28		

Рис. 30 – технічні характеристики повітроохолодника



L = 4387 mm
 B = 623 mm
 H = 755 mm
 E = 1000 mm
 F = 486 mm
 C = 234 mm
 A = 550 mm
 D = 11 mm
 K = G1¼"

Рис. 31 – розміри повітроохолодника

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

75

Повітроохолодники для цеху заморозки полуниці:

Виходячи з розмірів камери ставимо 3 повітроохолодника.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 16/3 = 5,3 \text{ кВт} \quad (3.51)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис. 32 та 33).

Воздухоохладитель

GACC FP 031.1/31M/HNA7A.UNNN20

Мощность:	5,30 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	1,50 %	Вход:	-3,00 °C
Объемн. расход возд.:	3 459,00 m³/h	Выход:	2,00 °C
Скорость воздуха:	1,80 m/s	Потери давления:	0.74 bar
Воздух на входе:	7,00 °C	Объемный расход:	0.97 m³/h
Воздух на выходе:	3,80 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (ЕС):	3 Шт. 1~230V 50-60Hz	Уровень звукового давления:	38,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	60,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1000 min⁻¹	Струя воздуха:	около 6 m ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.02 kW/0.04 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	0,30 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Not relevant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	0,13 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	31,80 m²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	10.4 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	22 * 1.00 mm
Вес (пустой):	41 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	22 * 1.00 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:		1672 mm	
Ширина:		430 mm	
Высота:		455 mm ⁽¹¹⁾	
Кол-во подвесок:		4	
Коллектор на вых.:		22 * 1.00 mm	
Коллектор на вх.:		22 * 1.00 mm	
К-во контуров:		1N	
Нходов:		20	
Распределители:		3	

Рис. 32 – технічні характеристики повітроохолодника

										00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
											76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Воздухоохладитель

GACC FP 050.1/1SN/JNA7A.UNNN20



При температуре воздуха на входе $\leq +4$ °C мы рекомендуем использовать оттайку.

Мощность:	11,50 kW ⁽¹⁾⁽²⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽³⁾
Резерв поверхности:	4,30 %	Вход:	-8,00 °C
Объемн. расход возд.:	6 480,00 m³/h	Выход:	-4,00 °C
Скорость воздуха:	2,60 m/s	Потери давления:	0.89 bar
Воздух на входе:	3,00 °C	Объемный расход:	2.64 m³/h
Воздух на выходе:	-0,90 °C		
Давление воздуха:	1 013,00 mbar		
Вентиляторы (АС):	1 Шт. 3~400V 50HzY/(--)	Уровень звукового давления:	55,00 dB(A) in 3,00 m ⁽⁵⁾⁽⁶⁾
Технические характеристики вент. узла:		Уровень звуковой мощности:	77,00 dB(A)
Скор. вращ.:	1390 min⁻¹ / (--)	Струя воздуха:	около 19 m ⁽⁷⁾
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Иней:	0,00 mm
Потребл. ток:	1,80 A ⁽⁴⁾		
ErP:	Compliant ⁽⁸⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	0,63 kW	класс энергетич. эффективности:	--
Корпус:	AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь ⁽⁹⁾
Площадь пов-ти:	50,40 m²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁹⁾
Объем труб:	17.2 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	7,00 mm	Вход:	35 * 1.50 mm
Вес (пустой):	64 kg ⁽¹¹⁾	Выход:	35 * 1.50 mm
Макс. рабочее давление:	10,00 bar	Классификация согласно PED:	Art. 4, par. 3 ⁽¹⁰⁾
Подкл. отн. движ. воздуха:	справа		
Размеры: ⁽¹¹⁾			
Длина:	1373 mm		
Ширина:	623 mm		
Высота:	755 mm ⁽¹¹⁾		
Кол-во подвесок:	4		
Коллектор на вых.:	35 * 1.50 mm		
Коллектор на вх.:	35 * 1.50 mm		
К-во контуров:	1N		
Нходов:	20		
Распределители:	7		

Рис. 35 – технічні характеристики повітроохолодника

Повітроохолодники для автоплатформи:

Виходячи з розмірів камери ставимо 6 повітроохолодників.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 27,2/6 = 4,5 \text{ кВт} \quad (3.53)$$

Проводимо підбір обладнання за допомогою сервісу “MyGuntner” (див. рис. 36 та 37).

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 ДП.142.014.008.ПЗ					78

Повітроохолодники для коридору:

Виходячи з розмірів камери ставимо 4 повітроохолодника.

Необхідна холодильна потужність одного повітроохолодника:

$$Q_{\text{по}} = 18,9/4 = 4,7 \text{ кВт} \quad (3.54)$$

Ставимо такі самі повітроохолодники як і на автоплатформі.

3.2.7 Розрахунок трубопроводів

Трубопровід нагнітання компресору КМ1

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведені на рисунку нижче

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 3553 kg/h, Evaporation: Temperature: -10,0 °C, Condensation: Temperature: 37,0 °C, Additional: Discharge temperature: 85,0 °C

Cooling capacity: 1070 kW, Superheat before compressor: 0 K, Subcooling: 2,0 K, Circulation rate: 1,00

Heating capacity: 1247 kW, Additional subcooling: 0 K, Liquid height: 2,00 m

Selection criteria: Pressure drop: Default bar, Saturation temperature drop: 0,020 K/m, Velocity: 15,00 m/s

Additional selection criteria: Length: 10,00 m, Angle: 0 deg

Discharge line (Flooded evaporator, gravity circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 100

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 65	65	0,093	0,2	0,023	28,68	28,87	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 80	80	0,041	0,1	0,010	20,82	20,88	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 100	100	0,011	0,0	0,003	12,36	12,37	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 125	125	0,004	0,0	0,001	8,17	8,17	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 150	150	0,001	0,0	0,000	5,58	5,59	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 200	200	0,000	0,0	0,000	3,27	3,27	✓

Рис. 38

Приймаємо сталеву трубу діаметром 100 мм

Трубопровід всмоктування компресору КМ1

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведені на рисунку нижче

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 3553 kg/h, Evaporation: Temperature: -10,0 °C, Condensation: Temperature: 37,0 °C, Additional: Discharge temperature: 140,0 °C

Cooling capacity: 1070 kW, Superheat before compressor: 3,0 K, Subcooling: 2,0 K, Circulation rate: 3,00

Heating capacity: 1387 kW, Additional subcooling: 0 K, Liquid height: 2,00 m

Selection criteria: Pressure drop: Default bar, Saturation temperature drop: 0,020 K/m, Velocity: 12,00 m/s

Additional selection criteria: Length: 10,00 m, Angle: 0 deg

Suction line (Flooded evaporator, gravity circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 200

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 125	125	0,014	0,1	0,011	30,76	30,90	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 150	150	0,005	0,0	0,004	21,02	21,06	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 200	200	0,001	0,0	0,001	12,51	12,52	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 250	250	0,000	0,0	0,000	7,87	7,87	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 300	300	0,000	0,0	0,000	5,56	5,56	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 350	350	0,000	0,0	0,000	4,42	4,42	✓

Рис. 39

Приймаємо сталеву трубу діаметром 200 мм

Трубопровід рідиної лінії КМ1

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведені на рисунку нижче.

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 3553 kg/h, Evaporation: Temperature: -10,0 °C, Condensation: Temperature: 37,0 °C, Additional: Discharge temperature: 140,0 °C

Cooling capacity: 1070 kW, Superheat before compressor: 3,0 K, Subcooling: 2,0 K, Circulation rate: 4,00

Heating capacity: 1387 kW, Additional subcooling: 0 K, DP pump: 2,000 bar

Selection criteria: Pressure drop: Default bar, Saturation temperature drop: 0,020 K/m, Velocity: 1,00 m/s

Additional selection criteria: Length: 10,00 m, Angle: 0 deg

Liquid line (Flooded evaporator, pump circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 25

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	5,514	16,3	1,625	7,67	45,12	⚠
<input type="radio"/>	DIN-EN 20	20	0,581	1,5	0,146	4,30	4,30	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0,161	0,4	0,040	2,63	2,63	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0,040	0,1	0,010	1,54	1,54	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 40	40	0,019	0,0	0,005	1,15	1,15	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 50	50	0,006	0,0	0,001	0,72	0,72	✓

Рис. 40

Приймаємо сталеву трубу діаметром 40 мм

Трубопровід подачі аміаку на випарник з КЦР

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведені на рисунку нижче

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 3553 kg/h, Evaporation: Temperature: -10,0 °C, Condensation: Temperature: 37,0 °C, Additional: Discharge temperature: 140,0 °C

Cooling capacity: 1279 kW, Superheat before compressor: 3,0 K, Subcooling: 2,0 K, Circulation rate: 1,00

Heating capacity: 1658 kW, Additional subcooling: 0 K, Liquid height: 2,00 m

Selection criteria: Pressure drop: Default bar, Saturation temperature drop: 0,020 K/m, Velocity: 1,00 m/s

Additional selection criteria: Length: 10,00 m, Angle: 0 deg

Liquid feed line (Flooded evaporator, gravity circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 40

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0,150	1,3	0,125	2,37	2,81	⚠
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0,037	0,3	0,031	1,39	1,39	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 40	40	0,018	0,1	0,014	1,04	1,04	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 50	50	0,005	0,0	0,004	0,65	0,65	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 65	65	0,001	0,0	0,001	0,39	0,39	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 80	80	0,001	0,0	0,001	0,28	0,28	✓

Рис. 41

Приймаємо сталеву трубу діаметром 40 мм

Трубопровід зворотної подачі аміаку до КЦР

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 3553 kg/h
Cooling capacity: 1279 kW
Heating capacity: 1658 kW

Evaporation: Temperature: -10,0 °C
Superheat before compressor: 3,0 K

Condensation: Temperature: 37,0 °C
Subcooling: 2,0 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 140,0 °C
Circulation rate: 1,00
Liquid height: 2,00 m

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 12,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Wet return line (Flooded evaporator, gravity circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 200

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 125	125	0,013	0,1	0,011	30,31	30,44	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 150	150	0,005	0,0	0,004	20,71	20,75	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 200	200	0,001	0,0	0,001	12,33	12,33	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 250	250	0,000	0,0	0,000	7,75	7,75	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 300	300	0,000	0,0	0,000	5,48	5,48	✓

Рис. 42

Приймаємо сталеву трубу діаметром 200 мм

Трубопровід нагнітання компресору КМЗ

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведено на рисунку нижче

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 1386 kg/h
Cooling capacity: 481,8 kW
Heating capacity: 593,3 kW

Evaporation: Temperature: -42,0 °C
Superheat before compressor: 3,0 K

Condensation: Temperature: -10,0 °C
Subcooling: 0,1 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 95,1 °C
Circulation rate: 4,00
DP pump: 2,000 bar

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 15,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Discharge line (Flooded evaporator, pump circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 125

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 65	65	0,080	0,7	0,068	60,53	62,24	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 80	80	0,035	0,3	0,030	43,95	44,48	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 100	100	0,009	0,1	0,008	26,08	26,16	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 125	125	0,003	0,0	0,003	17,25	17,27	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 150	150	0,001	0,0	0,001	11,79	11,79	✓

Рис. 43

Приймаємо сталеву трубу діаметром 125 мм

Трубопровід всмоктування компресору КМЗ

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведено на рисунку нижче.

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 1386 kg/h
Cooling capacity: 481,8 kW
Heating capacity: 593,3 kW

Evaporation: Temperature: -42,0 °C
Superheat before compressor: 3,0 K

Condensation: Temperature: -10,0 °C
Subcooling: 0,1 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 95,1 °C
Circulation rate: 4,00
DP pump: 2,000 bar

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 12,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Suction line (Flooded evaporator, pump circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 250

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 150	150	0,003	0,1	0,010	33,72	33,90	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 200	200	0,001	0,0	0,003	20,07	20,10	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 250	250	0,000	0,0	0,001	12,62	12,63	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 300	300	0,000	0,0	0,000	8,92	8,92	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 350	350	0,000	0,0	0,000	7,42	7,42	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 400	400	0,000	0,0	0,000	5,66	5,66	✓

Рис. 44

Приймаємо сталеву трубу діаметром 250 мм

Трубопровід подачі аміаку на шокфризери з ЦР

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведено на рисунку нижче

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 1386 kg/h
Cooling capacity: 179,0 kW
Heating capacity: 220,4 kW

Evaporation: Temperature: -42,0 °C
Superheat before compressor: 3,0 K

Condensation: Temperature: -10,0 °C
Subcooling: 0,1 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 95,1 °C
Circulation rate: 3,00
DP pump: 2,000 bar

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 1,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Liquid feed line (Flooded evaporator, pump circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 25

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 10	10	1,551	19,5	1,950	4,46	4,46	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	0,358	3,5	0,345	2,54	2,54	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 20	20	0,081	0,7	0,074	1,42	1,42	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0,023	0,2	0,021	0,87	0,87	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0,006	0,1	0,006	0,51	0,51	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 40	40	0,002	0,0	0,002	0,38	0,38	✓

Рис. 45

Приймаємо сталеву трубу діаметром 25 мм

Трубопровід зворотної подачі аміаку в ЦР

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведено на рисунку нижче

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 1386 kg/h, Evaporation: Temperature: -42,0 °C, Condensation: Temperature: -10,0 °C, Additional: Discharge temperature: 95,1 °C, Cooling capacity: 134,3 kW, Superheat before compressor: 3,0 K, Subcooling: 0,1 K, Circulation rate: 4,00, Heating capacity: 165,3 kW, Additional subcooling: 0 K, DP pump: 2,000 bar

Selection criteria: Pressure drop: Default bar, Saturation temperature drop: 0,020 K/m, Velocity: 12,00 m/s

Additional selection criteria: Length: 2,00 m, Angle: 0 deg

Wet return line (Flooded evaporator, pump circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 125

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 80	80	0,005	0,2	0,077	31,03	31,33	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 100	100	0,002	0,0	0,023	18,41	18,47	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 125	125	0,001	0,0	0,009	12,18	12,19	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 150	150	0,000	0,0	0,004	8,32	8,33	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 200	200	0,000	0,0	0,001	4,95	4,95	✓

Рис. 46

Приймаємо сталеву трубу діаметром 125 мм

Трубопровід рідинної лінії КМЗ

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведено на рисунку нижче.

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 1386 kg/h, Evaporation: Temperature: -42,0 °C, Condensation: Temperature: -10,0 °C, Additional: Discharge temperature: 95,1 °C, Cooling capacity: 481,8 kW, Superheat before compressor: 3,0 K, Subcooling: 0,1 K, Circulation rate: 4,00, Heating capacity: 593,3 kW, Additional subcooling: 0 K, DP pump: 2,000 bar

Selection criteria: Pressure drop: Default bar, Saturation temperature drop: 0,020 K/m, Velocity: 1,00 m/s

Additional selection criteria: Length: 2,00 m, Angle: 0 deg

Liquid line (Flooded evaporator, pump circulation. R717. Piping).

Selection: Steel pipe DIN-EN 25

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 10	10	0,711	6,7	3,352	4,74	42,92	⚠
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	0,100	0,9	0,428	2,69	4,70	⚠
<input type="radio"/>	DIN-EN 20	20	0,017	0,1	0,071	1,51	1,57	⚠
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0,005	0,0	0,020	0,93	0,93	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0,001	0,0	0,005	0,54	0,54	✓

Рис. 47

Приймаємо сталеву трубу діаметром 25 мм

Трубопровід нагнітання компресору КМ2

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведено на рисунку нижче.

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 115,2 kg/h
Cooling capacity: 41,13 kW
Heating capacity: 48,50 kW

Evaporation: Temperature: -35,0 °C
Useful superheat: 10,0 K
Additional superheat: 5,0 K

Condensation: Temperature: -10,0 °C
Subcooling: 0,1 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 84,0 °C

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 15,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Discharge line (Dry expansion system. R717. Piping).
Selection: Steel pipe DIN-EN 40

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	1,214	12,6	1,258	86,30	148,4	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 20	20	0,227	2,0	0,198	48,40	52,51	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0,062	0,5	0,053	29,63	30,28	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0,016	0,1	0,014	17,39	17,49	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 40	40	0,008	0,1	0,006	12,96	12,99	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 50	50	0,002	0,0	0,002	8,10	8,11	✓

Рис. 48

Приймаємо сталеву трубу діаметром 40 мм

Трубопровід всмоктування компресору КМ2

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведені на рисунку нижче.

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 115,2 kg/h
Cooling capacity: 41,13 kW
Heating capacity: 48,50 kW

Evaporation: Temperature: -35,0 °C
Useful superheat: 10,0 K
Additional superheat: 5,0 K

Condensation: Temperature: -10,0 °C
Subcooling: 0,1 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 84,0 °C

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 12,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Suction line (Dry expansion system. R717. Piping).
Selection: Steel pipe DIN-EN 65

Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input type="radio"/>	DIN-EN 40	40	0,016	0,3	0,034	28,58	29,08	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 50	50	0,005	0,1	0,010	17,87	17,97	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 65	65	0,001	0,0	0,003	10,74	10,76	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 80	80	0,001	0,0	0,001	7,80	7,80	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 100	100	0,000	0,0	0,000	4,63	4,63	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 125	125	0,000	0,0	0,000	3,06	3,06	✓

Рис. 49

Приймаємо сталеву трубу діаметром 65 мм

Рідинний трубопровід КМ2

Розрахунок проводимо за допомогою прикладної програми “coolselector”. Всі вихідні дані наведені на рисунку нижче.

Operating conditions

Capacity: Mass flow in line: 115,2 kg/h
Cooling capacity: 41,13 kW
Heating capacity: 48,50 kW

Evaporation: Temperature: -35,0 °C
Useful superheat: 10,0 K
Additional superheat: 5,0 K

Condensation: Temperature: -10,0 °C
Subcooling: 0,1 K
Additional subcooling: 0 K

Additional: Discharge temperature: 84,0 °C

Selection criteria:
 Pressure drop: Default bar
 Velocity: 1,00 m/s
 Saturation temperature drop: 0,020 K/m

Additional selection criteria:
 Length: 10,00 m
 Angle: 0 deg

Liquid line (Dry expansion system, R717, Piping).
Selection: Steel pipe DIN-EN 15

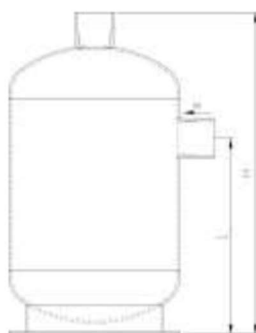
Selected	Type	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocity, in [m/s]	Velocity, out [m/s]	Result
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 15	15	0,003	0,0	0,003	0,22	0,22	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 20	20	0,001	0,0	0,001	0,13	0,13	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0,000	0,0	0,000	0,08	0,08	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0,000	0,0	0,000	0,05	0,05	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 40	40	0,000	0,0	0,000	0,03	0,03	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 50	50	0,000	0,0	0,000	0,02	0,02	✓

Рис. 50

Приймаємо сталеву трубу діаметром 15 мм

3.2.8 Підбір віддільника рідини

Оскільки для температури кипіння -35°C ми застосовуємо схему з прямим розширенням нам необхідно встановити віддільник рідини, який підбирається за діаметром патрубку всмоктування компресора. Виходячи з технічної документації гвинтового компресора OSNA7452-K діаметр патрубку всмоктування 76 мм. На основі цих даних підбираємо віддільник рідини DAL-350A-2 від виробника Теспас (див. рис. 51)



Model Modelo	Conex.	Ø mm	H mm	L mm	Ø holes support Ø mm tala- dros soporte	Evap. Temp (°C)	Recommended capacities Capacidades Recomendadas.KW			
							R 134 A		R 404 A / R 507 / R410A	
							Máx	Mín	Máx	Mín
DAL-150A-2 1/8"	2 1/8"	219	542	354	11	-7 -28,9	70,6 26,5	12,2 8,7	133,8 56,1	17,4 12,1
DAL-200A-2 1/8"	2 1/8"	273	490	300	13	-7 -28,9	113 42	19,2 12,1	203,8 88,1	28 21
DAL-210A-2 5/8"	2 5/8"	273	490	300	13	-7 -28,9	215 98,4	29,6 22,7	203,8 88,1	28 21
DAL-340A-2 5/8"	2 5/8"	273	705	495	13	-7 -28,9	324 141	45,4 33,2	307,2 124,7	43,4 29,4
DAL-350A-3 1/8"	3 1/8"	273	708	500	13	-7 -28,9	196 84,4	32,1 22,8	307,2 124,7	43,4 29,4
DAL-350Y-3 5/8"	3 5/8"	273	762	480	13	-7 -28,9	196 84,4	32,1 22,8	307,2 124,7	43,4 29,4
DAL-500A-4 1/8"	4 1/8"	323	758	522	13	-7 -28,9	257 105	88,2 58,6	502,7 200,7	112,8 35,2
DAL-1000A-4 1/8"	4 1/8"	323	1300	1077	13	-7 -28,9	259 107	88,6 59,4	502,6 200,3	112,4 45,8

Рис. 51 – Підбір віддільника рідини

3.2.9 Підбір лінійного ресивера та дренажного ресивера

Необхідний об'єм лінійного ресивера $V_{л.р}$ для систем з нижньою подачею холодоагенту при умові його заповнення не більше ніж на 80% визначається наступним чином:

$$V_{л.р} = 0,6 * \sum V_B \quad (3.55)$$

де $\sum V_B$ – загальний об'єм випарників, л (вказаний у технічних паспортах випарників).

$$V_{л.р} = 0,6 * (18,3 * 8 + 138,58) = 171 \text{ л} \quad (3.56)$$

Виходячи з розрахункового об'єму та каталогу по підбору (див рис. 52) горизонтальних лінійних ресиверів Bitzer вибираємо модель F2202N з об'ємом 228 л, оскільки немає моделі з меншим об'ємом та це забезпечить нам додатковий запас. Дренажний ресивер обираємо такої ж ємності як і лінійний. Додаткова технічна інформація наведена в додатку 10. [21].



Technische Daten/Anschlüsse
Liegende Flüssigkeitssammler

Technical data/Connections
Horizontal liquid receivers

Технические характеристики
Горизонтальные ресиверы хладагента

Typ	Sammler-Inhalt	Maximale Kältemittel-Füllung ①				Gewicht	Anschlüsse ②		Anschlussgewinde/-flansch		Manometer	Schau-gläser ③
Type	Receiver volume	Maximum refrigerant charge ①				Weight	Connections ②		Joining thread/flange		Gauge	Sight glasses ③
Тип	Объем ресивера	Максимальное наполнение хладагента ①				Вес	Присоединения ②		Присоединительная резьба/фланец		Манометр	Смотровые ③
	dm³ (l)	R134a	R404A	R22	kg	Zoll	Zoll	Вход	Выход	Вход	Выход	стекла
		(kg)	R507A	(kg)		mm	Inch	дюйм	дюйм			
F062H	6,8	7,5	6,5	7,4	8	12	1/2"	10	3/8"	1" – 14 UNS	3/4" – 16 UNF	1
F102H	10	11,0	9,6	10,9	10	16	5/8"	12	1/2"	1 1/4" – 12 UNF	1" – 14 UNS	1
F152H	15	16,6	14,4	16,3	13	22	7/8"	16	5/8"	1 1/4" – 12 UNF	1" – 14 UNS	1
F192T	19	21,0	18,3	20,7	17	16	5/8"	16	5/8"	1 1/4" – 12 UNF	1" – 14 UNS	1
F202H	20	22,1	19,2	21,8	18	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" – 12 UNF	1 1/4" – 12 UNF	2
F252H	25	27,6	24,0	27,2	20	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" – 12 UNF	1 1/4" – 12 UNF	2
F302H	30	33,1	28,8	32,7	23	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" – 12 UNF	1 1/4" – 12 UNF	2
F392T	39	43,0	37,5	42,5	27	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" – 12 UNF	1 1/4" – 12 UNF	2
F402H	39	43,0	37,5	42,5	29	28	1 1/2"	28	1 1/2"	1 3/4" – 12 UNF	1 3/4" – 12 UNF	2
F552T	54	59,6	51,9	58,8	41	28	1 1/2"	28	1 1/2"	1 3/4" – 12 UNF	1 3/4" – 12 UNF	2
F562N	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	2
F732N	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	2
F902N	89	98,2	85,5	96,9	60	42	1 5/8"	35	1 3/8"	2 1/4" – 12 UN	1 3/4" – 12 UNF	2
F1052T	105	115,9	100,9	114,3	75	42	1 5/8"	35	1 3/8"	2 1/4" – 12 UN	1 3/4" – 12 UNF	2
F1202N	112	123,6	107,7	122,0	85	54	2 1/8"	42	1 5/8"	112 x 112	2 1/4" – 12 UN	2
F1602N	160	176,5	153,8	174,2	115	54	2 1/8"	42	1 5/8"	112 x 112	2 1/4" – 12 UN	2
F2202N	228	251,6	219,2	248,3	145	76	3 1/8"	54	2 1/8"	140 x 140	112 x 112	1/4" – 18 NPTF
F3102N	320	353,1	307,6	348,5	190	76	3 1/8"	54	2 1/8"	140 x 140	112 x 112	2

Рис. 52 – каталог горизонтальних лінійних ресиверів Bitzer

3.2.10 Підбір циркуляційного ресивера

Необхідний об'єм циркуляційного ресивера $V_{ц,р}$ для системи з нижньою системою подачі визначаємо наступним чином:

$$V_{ц,р} = K(V_{н.т} + 0,2 \sum V_B + 0,3V_{з.т}) \quad (3.57)$$

де K - коефіцієнт для розрахунку циркуляційних ресиверів (для горизонтальних ресиверів обираємо 2,7); $V_{н.т}$ - об'єм нагнітального трубопроводу циркуляційного насосу; $V_{з.т}$ - об'єм трубопроводу зворотної подачі холодоагенту до циркуляційного ресивера.

Оскільки немає точного об'єму шокфризерів – задаємось об'ємом 80 л для них.

Розрахунок об'єму трубопроводів та $V_{ц,р}$:

$$V_{н.т} = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{\pi 0,050^2}{4} 15 = 0,029 \text{ м}^3 = 29 \text{ л} \quad (3.58)$$

$$V_{в.т} = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{\pi 0,125^2}{4} 15 = 0,184 \text{ м}^3 = 184 \text{ л} \quad (3.59)$$

$$V_{ц,р} = 2,7(29 + 0,2 * 80 + 0,3 * 184) = 270,5 \text{ л} \quad (3.60)$$

Підбір компаундного циркуляційного ресивера КЦР робиться так само як і для ЦР:

$$V_{н.т} = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{\pi 0,040^2}{4} 10 = 0,012 \text{ м}^3 = 12 \text{ л} \quad (3.61)$$

$$V_{в.т} = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{\pi 0,200^2}{4} 10 = 0,314 \text{ м}^3 = 314 \text{ л} \quad (3.62)$$

$$V_{кцр} = 2,7(12 + 0,2 * (138,58 + 18,3 * 8) + 0,3 * 314) = 440,62 \text{ л}; \quad (3.63)$$

3.2.11 Підбір мастиловіддільників

Віддільники мастила приймаємо рекомендовані сервісом Bitzer software. Для гвинтових компресорів OSKA8571-К приймаємо віддільник мастила моделі OA4188A (див рис. 53 та 54).

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Selection: Oil separator

Input Values

Common	Yes
Operating point	Auto

Operating points

	A
to [°C]	-10
tc [°C]	37

Result

Compressor:	(all)
Recommendation:	OA4188A
Selection	OA4188A
Recommended operating point:	A
Selected operating point:	A
Quantity	1
Max. HP mass flow	1062 kg/h
Mass flow load	99,17 %
Max. oil volume flow	5,43 m ³ /h
Oil volume flow load	48,48 %
Oil separator, secondary	OAS3088
Quantity	2
Max. HP mass flow, secondary	1974 kg/h
Mass flow load, secondary	53,33 %

Рис. 53 – підбір мастиловіддільника OA4188A

Dimensions and Connections

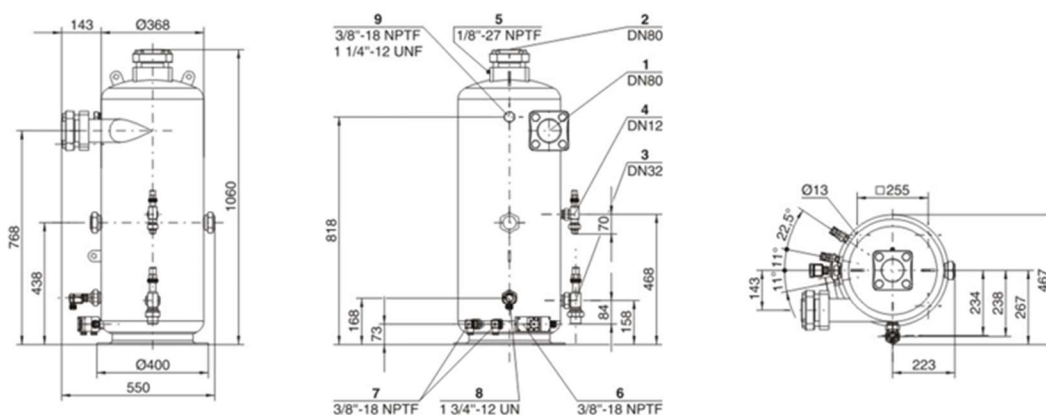


Рис. 54 – розміри мастиловіддільника OA4188A

Для гвинтових компресорів OSNA7452-K приймаємо віддільник мастила моделі OA1945A (див рис. 55 та 56).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

89

Selection: Oil separator

Input Values

Common	Yes
Operating point	Auto

Operating points

	A
to [°C]	-10
tc [°C]	37

Result

Compressor:	(all)
Recommendation:	OA1954A
Selection	OA1954A
Recommended operating point:	A
Selected operating point:	A
Quantity	1
Max. HP mass flow	569 kg/h
Mass flow load	88,64 %
Max. oil volume flow	2,72 m ³ /h
Oil volume flow load	78,55 %
Oil separator, secondary	OAS1655
Quantity	1
Max. HP mass flow, secondary	522 kg/h
Mass flow load, secondary	96,62 %

Рис. 55 – підбір мастиловіддільника OA1954A

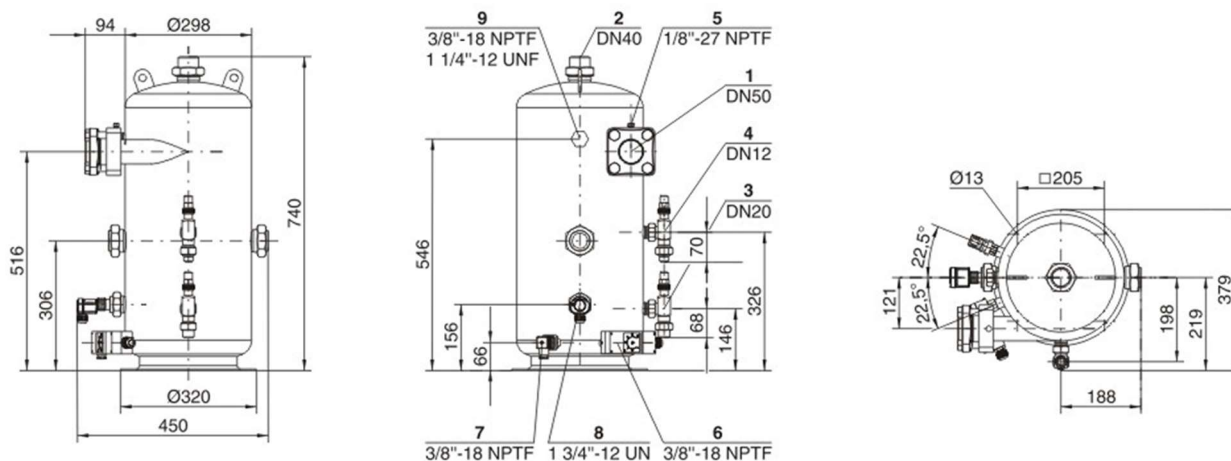


Рис. 56 – розміри мастиловіддільника OA1954A

Для гвинтових компресорів OSNA9583-К приймаємо віддільник мастила моделі OAS14011A (див рис. 57 та 58).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

90

$$\Delta P_{\text{тр}} = \sum \Delta P + h * \rho * g = 3800 + 50000 + 4 * 692,2 * 9,8 = 80934,2 \text{ Па} \quad (3.64)$$

Місцевий опір трубопроводу:

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \zeta_i * \frac{\rho v^2}{2} = (12 * 0,5) * \frac{692,2 * 0,87^2}{2} = 1571,77 \text{ Па} \quad (3.65)$$

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м}}}{\rho * g} = \frac{80934,2 + 1571,77}{692,2 * 9,8} = 12,2 \text{ м} \quad (3.66)$$

Потрібна подача насоса:

$$V = \frac{M}{\rho} * k = \frac{0,33}{692,2} * 3600 * 4 = 6,9 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (3.67)$$

На основі цих даних підбираємо один основний насос та один резервний моделі 1ЦГ12,5/50-4-2.

Насос для контуру гліколю підбираємо задавшись напором 30 м та розрахунковою подачею:

$$G = \frac{Q}{c * \Delta t} = \frac{720}{3,72 * 4} = 48,4 \text{ л/с} = 174,24 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.68)$$

Приймаємо два насоси (один з них резервний) ЦНС 180-85 (див. рис 59).



Характеристика	Значення
Q м³/год	180
Напір, м	85
P, кВт	75
N, об/хвил	1500/1000
ККД, %	70
Кавіт. запас, м	<4,0
Число ступенів	2

Рис. 59 – Циркуляційний насос ЦНС 180-85

Додаткова інформація наведена в додатку 8 та 9.

4. Техніко-економічний розрахунок

Річне споживання електроенергії розраховуємо за формулою:

$$P_{річн} = P_{ел} \cdot n \quad (4.1)$$

Де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 7800 год. (час електровідтайки протягом доби приблизно 15 хв = 90 год/рік).

Річне споживання електроенергії холодильною установкою фруктоовочесховища становить (див. таблиця 0):

$$P_{річн} = 5360,78 \text{ МВт}. \quad (4.2)$$

Ціна за 1 кВт/год електроенергії становить: $C_{ел} = 6,86 \text{ грн}$.

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$V_{ел.р} = P_{річн} \cdot C_{ел} = 5360,78 \cdot 6,86 = 36745 \text{ тис. грн} \quad (4.3)$$

Кількість виробленого холоду за рік

$$P_{хол} = t_{роб} \cdot Q_0 = 23 \cdot 328 \cdot 1177,4 = 8882,6 \text{ МВт} \quad (4.4)$$

Вартість одиниці холоду:

$$C = \frac{V_{ел.р}}{P_{хол}} = \frac{36745}{8882,6} = 4,13 \frac{\text{грн}}{\text{кВт}\cdot\text{год}} \quad (4.5)$$

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 19 - Споживання електроенергії холодильним обладнанням

№ п/п	Найменування обладнання	К-сть	Рел, кВт	Σ Рел, кВт	Ррічн, тис. кВт·год
1	Електродвигуни марки АВВ модель М2ВА 280 SMC2	4	110	440	3432
2	Електродвигуни марки АВВ модель М2АА 160 МLА2	1	11	11	85,8
3	Електродвигуни марки АВВ модель М2АА 225 SМА4	4	37	148	1154,4
4	Насос ЦНС 180-85	1	18	18	140,4
5	Насос 1ЦГ12,5/50-4-2	1	4	4	31,2
6	Вентилятори теплообмінників:				
	ГОНС OD 050.1/23-53-0189152M	1	3,99	3,99	31,1
	CFR-C075	1	20	20	156
	GACA FP 045.1H/17-AND55/32PE	16	0,40	3,2	49,92
	GACV FP 040.1LF/2A-70.A-14PT.2FUM	16	0,58	9,28	72,38
	GACC FP 050.2SN/2A-40.A-1562.0CJM	6	1,22	7,32	57
	GACC FP 050.2SN/2A-40.A-1562.0CJM	6	1,22	7,32	57
	GACC FP050.1/2SN/FNA7A.UNN N08	2	1,22	2,44	19
	GACV FP 080.1JF/2A-40.A-17LB.2HQM	1	1,37	1,37	10,68
	GACC FP 050.4SN/HNA7A-1562.0CJM	2	2,49	4,98	38,84
	GACC FP031.1/31M/HNA7A-1562.0CJM	3	0,13	0,39	3
	GACC FP 050.2SN/FNA7A.UNNN08	1	0,63	0,63	4,91
	GACC FP031.1/31M/FNA7A.UNNN08	6	0,22	1,32	10,29
GACC FP031.1/31M/FNA7A.UNNN08	4	0,22	0,88	6,86	
Річна витрата електроенергії					5360,78

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

94

5. Охорона праці

5.1 Загальні положення

Під час проєктування фруктоовочесховища одним з головних аспектів є створення безпечних і здорових умов праці для персоналу. Всі рішення в проєкті розроблено згідно з вимогами законодавства України в сфері охорони праці, зокрема Законом України «Про охорону праці», ДСТУ, ДБН та правилами безпеки при експлуатації холодильного обладнання.

5.2 Характеристика виробничих умов

У фруктоовочесховищі працюють оператори холодильного обладнання, вантажники, сортувальники, пакувальники, технічний персонал. Серед основних шкідливих виробничих чинників:

- низька температура в охолоджуваних приміщеннях;
- шум від роботи компресорного та вентиляційного обладнання;
- підвищене фізичне навантаження;
- можливість витоку аміаку як токсичного та пожежонебезпечного холодоагенту.

Для мінімізації впливу шкідливих чинників передбачено:

- теплоізоляція огорожувальних конструкцій;
- повітряно-теплові завіси на входах;
- локальне обігрівання робочих місць;
- автоматизація контролю за станом повітря в компресорному відділенні;
- герметизація аміачного контуру та встановлення датчиків витоку.

5.3 Вимоги до мікроклімату та освітлення

Для приміщень з постійним перебуванням персоналу (пакувальний цех, службові зони) згідно з ДСН 3.3.6.042-99 встановлено:

- температура повітря: +18...+22 °С;
- відносна вологість: 40–60 %;
- швидкість руху повітря: не більше 0,2 м/с.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Освітлення в робочих зонах забезпечується відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Природне освітлення забезпечено в адміністративних приміщеннях, штучне – світильниками з захистом IP54 у виробничих зонах.

5.4 Вимоги до охорони праці при роботі з аміачними холодильними установками

Аміак (R717) — ефективний холодоагент, але потребує суворого дотримання заходів безпеки. У компресорному відділенні передбачено:

- вентиляція з кратністю повітрообміну не менше 5;
- сигналізація концентрації аміаку;
- аварійне освітлення та кнопки аварійного вимкнення;
- комплекти засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): протигази, костюми;
- навчання та інструктажі персоналу.

Весь персонал, допущений до роботи з обладнанням, повинен пройти відповідне навчання та медичний огляд.

5.5 Пожежна безпека

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 об'єкт відноситься до категорії В за пожежною небезпекою. Передбачено:

- протипожежні розриви між зонами;
- система пожежної сигналізації;
- наявність вогнегасників (вуглекислотних і порошкових) у кожному виробничому блоці;
- зовнішнє водопостачання з гідрантами;
- евакуаційне освітлення та плани евакуації.

5.6 Засоби індивідуального захисту

Працівникам видаються засоби індивідуального захисту:

- теплий спецодяг для роботи в холодильних камерах;
- гумові рукавиці, фартухи для миття тари;
- каски, протишумові навушники (для операторів компресорних станцій);

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

- захисні окуляри та респіратори (при роботі в зоні можливого витоку аміаку).

5.7 Медичне забезпечення

На території сховища передбачено пункт першої медичної допомоги, аптечки, а також інструкції дій у разі травм чи отруєнь. Проведення періодичних медоглядів – обов'язкове для всіх категорій працівників.

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. М.Г.Хмельнюк, В.П.Кочетов, А.В.Форсюк,Н.В.Жихарєва Підручник Плодоовочесховища м.Одеса 2018.228с.
2. Григор'єва І. В. Післязбиральна обробка і зберігання овочів : навч. посіб. / І. В. Григор'єва. – К.: Урожай, 2012. – 256 с. Використано для опису режимів зберігання картоплі, капусти, моркви, буряка; параметрів вентиляції, вологості, температур.
3. В.М. Волошин, Л.В. Мельник. Зберігання винограду в регульованому газовому середовищі // Вісник аграрної науки. — 2018. — №11. — С. 92–95.
4. Технологічні аспекти зберігання та заморожування ягід / І.П. Кіріченко, Л.П. Ігнатенко // Харчова промисловість. – 2020. – № 1. – С. 52–56.
5. ДСТУ 3137-95. Продукти перероблення овочів. Загальні технічні умови. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 13 с. Використано для визначення вимог до упаковки, умов транспортування та строків зберігання після закладки продукції.
6. Ветеринарні правила зберігання, транспортування і реалізації продукції рослинного походження: затв. наказом Державного департаменту ветеринарної медицини України від 03.06.2002 р. № 42. Використано для нормування висоти штабелів, вимог до вологості повітря та заходів попередження псування продукції.
7. IQF Vs. Traditional Freezing Methods: A Comparative Analysis [Електронний ресурс] // Rinac. – Режим доступу: <https://rinac.com/blog/iqf-vs-traditional-freezing-methods-a-comparative-analysis/> – Назва з екрана. Використано для порівняння методів заморожування та визначення оптимальної швидкості повітря для IQF заморожування полуниці.
8. Справочник по хранению плодоовощной продукции / под ред. В.П. Шевченко. — М.: Колос, 2003.
9. Овочеві контейнери [Електронний ресурс] <https://astalia.com.ua/konteynery-derevyannye/konteynery-dlya-ovoshchey-derevyannye/konteyner-ovoshchnoy-dlya-kartofelya-morkovi-svekly-ili-luka-universalnyy-derevyanny.html>
10. Картоні ящики [Електронний ресурс] https://dragonpack.com.ua/fruktovo-ovochevyi-lotok-buryi-369kh285kh130-mm-p33-ve/?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=stk_all&utm_term=

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

<https://yurnfreeze.en.made-in-china.com/product/pZjTVfHdEiGy/China-Impingement-IQF-Quick-Freezing-Vegetable-Blast-Tunnel-Fluidized-Flow-Bed-Freezer-for-Frozen-Potato-Fries-Vegetable-Mix.html>

11. Технічні характеристики шокфризерів [Електронний ресурс] <https://yurnfreeze.en.made-in-china.com/product/pZjTVfHdEiGy/China-Impingement-IQF-Quick-Freezing-Vegetable-Blast-Tunnel-Fluidized-Flow-Bed-Freezer-for-Frozen-Potato-Fries-Vegetable-Mix.html>

12. Бараненко А.В. и др. "Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов" : навч. посіб. 2004.- 249с.

13. Пластикові ящики [Електронний ресурс] https://plastshop.com.ua/ua/p1308245419-yaschiki-plastik-skladyvayuschiesya.html?source=merchant_center&gad_source=1&gad_campaign_id=22386091846&gclid=CjwKCAjwrvBBhBjEiwA1r30VNPJZ03VU593GFEHB4TTwyqqP3VhKz0w7v8MmOAEuktVzHJSZdY1RBoC-sEQAvD_BwE

14. Стелажі палетні [Електронний ресурс] <https://forstor.ua/ca-stellazhi/palletnye/>

15. В`їздні стелажі [Електронний ресурс] <https://storehouse.ua/warehouse/racks/drive-in/>

16. Сендвіч-панелі [Електронний ресурс] <https://www.tpk.ua/sendvich-paneli/penopoliuretan-penopoliizocianurat>

17. Екструдований пінополістерол [Електронний ресурс] <https://xps-group.com/ekstrudirovannyj-penopolistirol-xps/>

18. Явнель Б.К. Дипломне і курсове проектування холодильних установок: навч. посіб. — Київ. 2006. — 360 с.

19. Електродвигуни [Електронний ресурс] <https://ovk.ua/shop/product/elektrodvigatel-trehfaznyi-abb-m2ba-280-smc2-110-kvt-3000-ob-min?srsltid=AfmBOooo0AiZ7PFgGeuviRrm9C5kal-s6LqJeiyCQ8GB5v0s0BWmyA3Q>

20. Bitzer software [Електронний ресурс] <https://www.bitzer.de/websoftware/>

21. Ресивера [Електронний ресурс] <https://energoholod.com.ua/uk/gorizontalnyy-resiver-hladagenta-bitzer-f1202n-uk.html>

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Гвинтовий компресор OSKA8571-K

Technical Data

Technical Data

Displacement (2900rpm 50 Hz)	410 m ³ /h
Displacement (3500rpm 60 Hz)	495 m ³ /h
Allowed speed range	1450 .. 4000 min ⁻¹
Sense of rotation (compressor)	rechts / clockwise
Weight	350 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	DN 100
Connection suction line (NH3)	DN 100
Connection discharge line	76 mm - 3 1/8"
Connection discharge line (NH3)	DN 80
Adapter for ECO (NH3)	DN 30 (Option)
Oil type NH3	Reniso KC68 , SHC 226E

Extent of delivery (standard)

Pressure relief valve	Standard
Check valve	Standard
Oil flow control	Standard
Oil stop valve	Standard
Built in oil filter	Standard
discharge gas temperature monitoring	2xSE-B3
Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Capacity control	100-75-50% or 100-50% (Standard)
Protective charge	Standard

Available options

Suction shut-off valve	Option
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Coupling housing	Option
CM-SW-01	Option

Рис. 60 – Технічні характеристики компресору OSKA8571-K

Dimensions and Connections

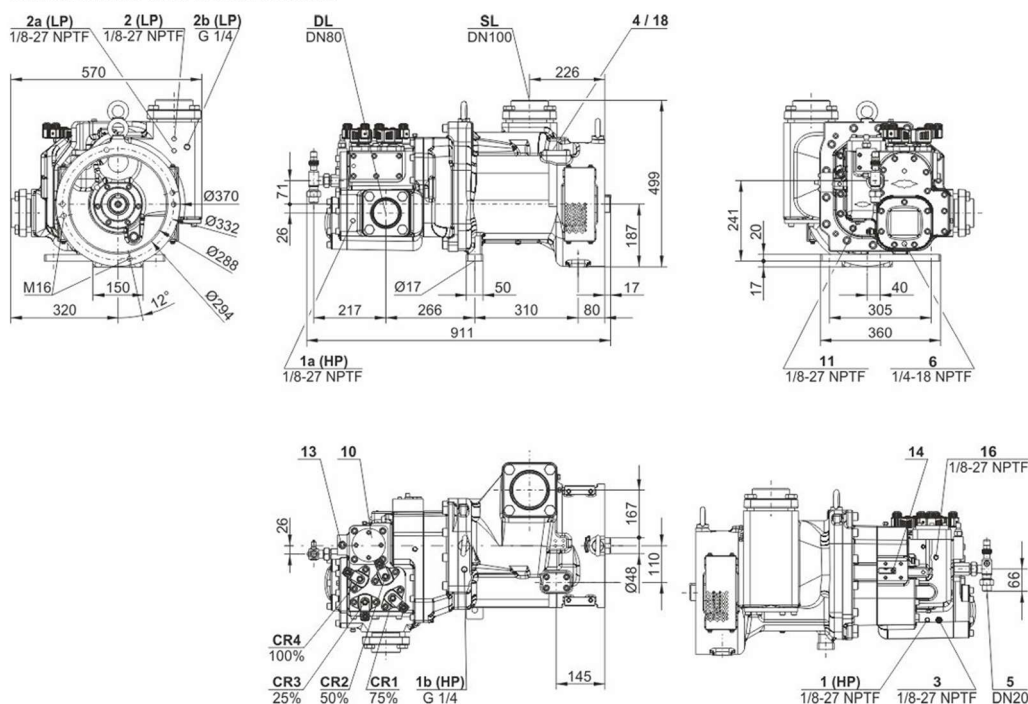


Рис. 61 – Розміри компресору OSKA8571-K

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

100

Гвинтовий компресор OSNA7452-K

Technical Data

Technical Data

Displacement (2900rpm 50 Hz)	192 m ³ /h
Displacement (3500rpm 60 Hz)	232 m ³ /h
Allowed speed range	1450 .. 4000 min-1
Sense of rotation (compressor)	links / counter-clockwise
Weight	176 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	76 mm - 3 1/8"
Connection suction line (NH3)	DN 80
Connection discharge line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line (NH3)	DN 50
Adapter for ECO (NH3)	DN 20 (Option)
Oil type NH3	Reniso KC68 , SHC 226E

Extent of delivery (standard)

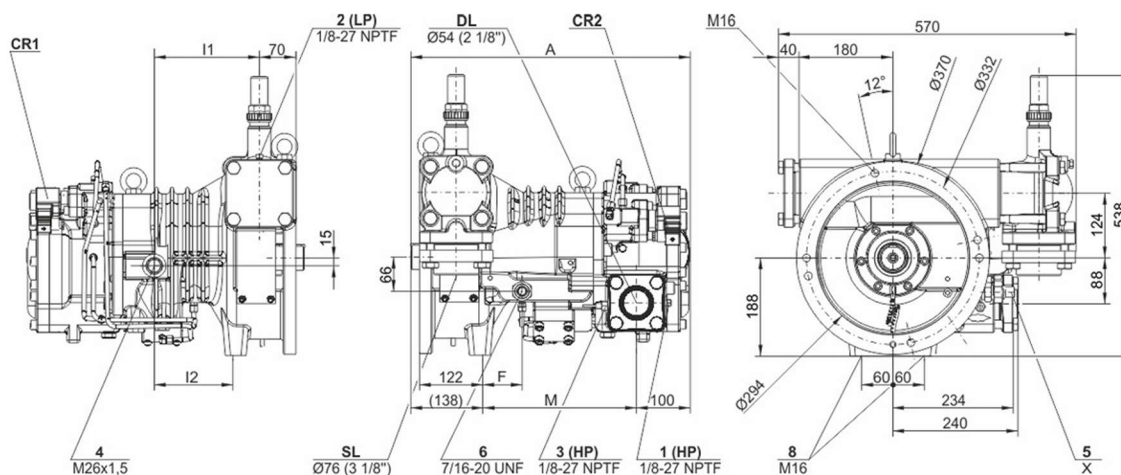
Suction shut-off valve	Standard
Pressure relief valve	Standard
Check valve	Standard
Oil injection kit	Standard
Built in oil filter	Standard
discharge gas temperature monitoring	SE-B3
Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Capacity control	100-75-50% (Standard)
Protective charge	Standard

Available options

Oil flow control	Option
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Coupling housing	Option

Рис. 62 – Технічні характеристики компресору OSNA7452-K

Dimensions and Connections



	A	F	I1	I2	M	X
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
OS.7441*; OS.7451; OS.7461	533	76	202	152	295	Ø16
OS.7471	555	98	224	174	317	Ø16
OS.A7452; OS.A7462	533	76	202	152	295	DN15
OS.A7472	555	98	224	174	317	DN15

* OS.7441 hat nur ein Magnetventil (CR1) zur Steuerung der Leistungsregelung

* OS.7441 has only one solenoid valve (CR1) to control the capacity control

Рис. 63 – Розміри компресору OSNA7452-K

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

101

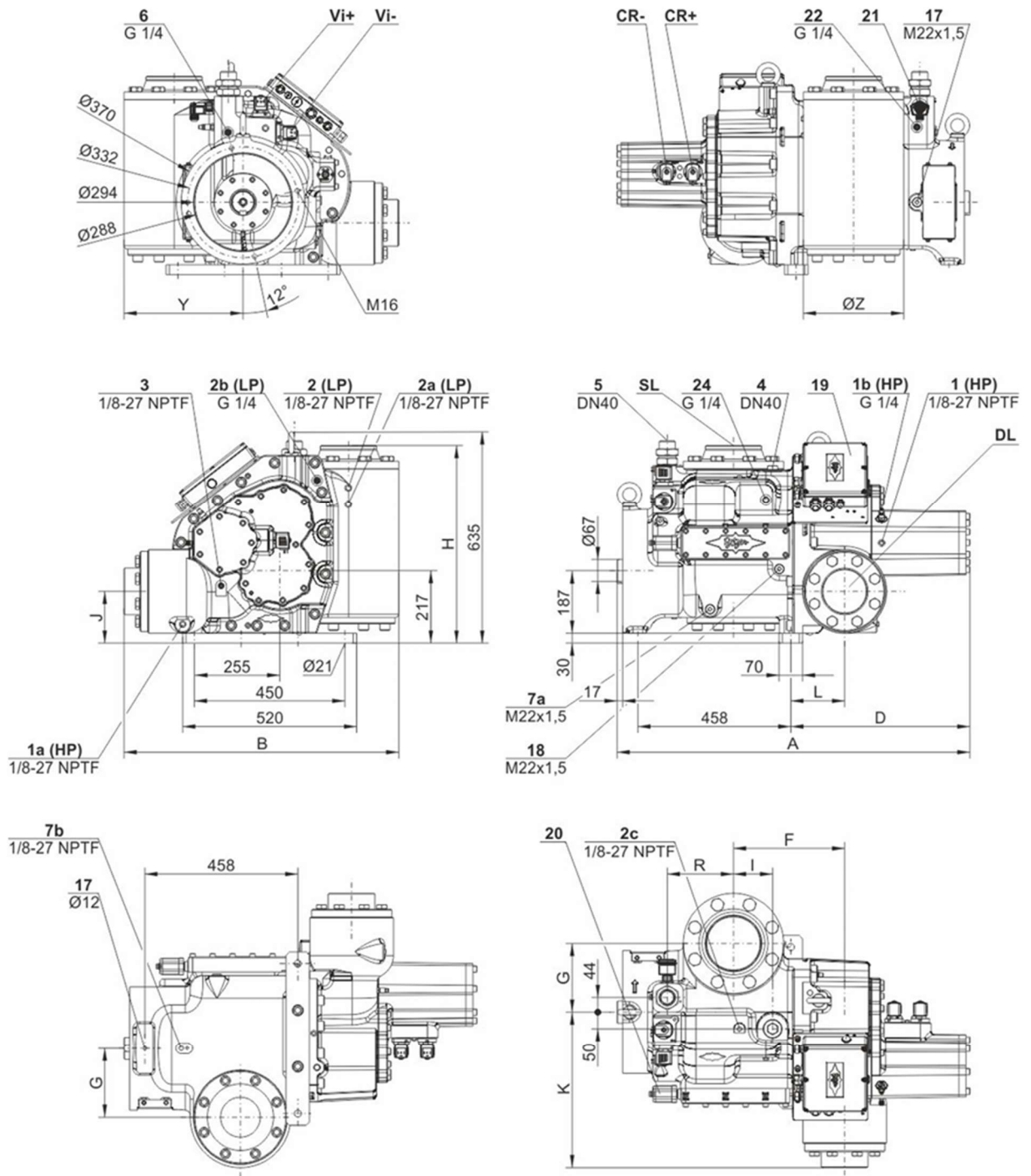
Гвинтовий компресор OSNA9583-K

Technical Data	
Displacement (2900rpm 50 Hz)	805 m ³ /h
Displacement (3500rpm 60 Hz)	972 m ³ /h
Allowed speed range	1500 .. 4000
Sense of rotation (compressor)	links / counter-clockwise
Weight	590 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 32 bar
Connection suction line (NH3)	DN 125
Connection discharge line (NH3)	DN 100
Adapter for ECO (NH3)	DN 40 (Option)
Oil type NH3	Reniso KC68 , SHC 226E
Extent of delivery (standard)	
Pressure relief valve	Standard
Check valve	Standard
Oil flow control	OLC-D1 & CM-SW-01
Discharge gas temperature sensor	PT1000 & CM-SW-01
Start unloading	CM-SW-01
Capacity control	100-10% (stepless, CM-SW-01)
Protective charge	Standard
automatic Vi-adaption	CM-SW-01
application limit monitoring	CM-SW-01
Available options	
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Coupling housing	Option
Oil injection kit	Option

Рис. 64 – Технічні характеристики компресору OSNA9583-K

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Dimensions and Connections



Type	A	B	D	F	G	H	I	J	K	L	R	Y	ØZ	SL	DL
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
OSKA9573, OSKA9583, OSNA9583	1050	730	531	360	176	585	142	144	434	164	154	296	240	DN125	DN100
OSKA9593, OSKA95103, OSNA95103	1055	821	536	332	206	594	117	155	465	161	198	356	300	DN150	DN125

Рис. 65 – Розміри компресору OSNA9583-К

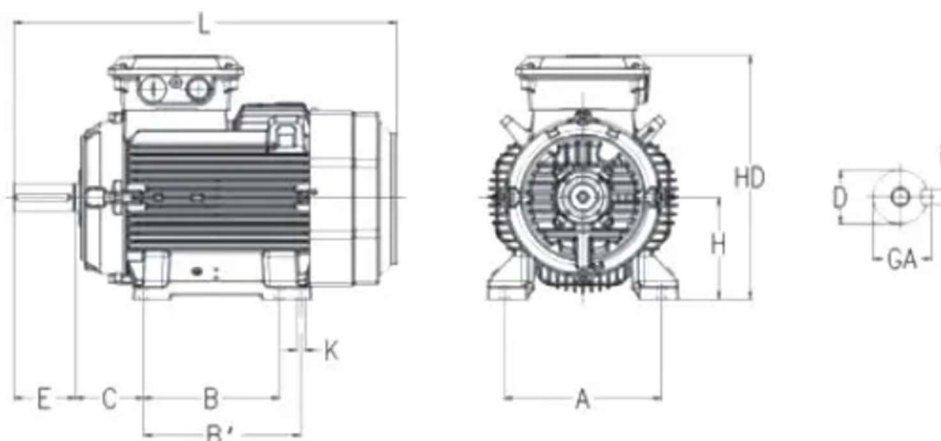
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

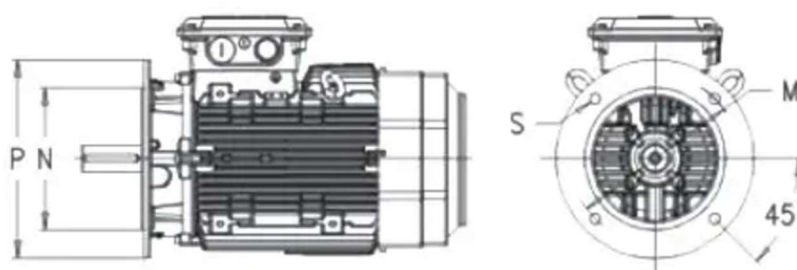
Арк.

103

Електродвигун марки АВВ модель М2ВА 280 SMC2



Монтажное исполнение 3081



IM 1081 и IM 3081					IM 1081					IM 3081					
D	GA	F	E	Lmax	A	B	B'	C	HD	K	H	M	N	P	S
65	69	18	140	1088	457	368	419	190	745	24	280	500	450	550	18

Рис. 66 – розміри електродвигуна М2ВА 280 SMC2

Характеристики

Класс энергоэффективности	IE2
Защита, класс	IP55
Частота тока, Гц	50
Фазность	3 фаз - 380 В
Мощность, кВт	110
Обороты, об/мин.	3000
КПД, %	94,6
Коэффициент мощности, cosφ	0,86
Потребляемый номинальный ток, In (А):	195
Отнош. макс. вращ-го момента силы к ном., Mmax/Mн:	2,0
Отнош. пуск. вращ-го момента силы к ном., Mпуск/Mн	3,0
Стандарт	DIN

Рис. 67 – технічні характеристики електродвигуна М2ВА 280 SMC2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

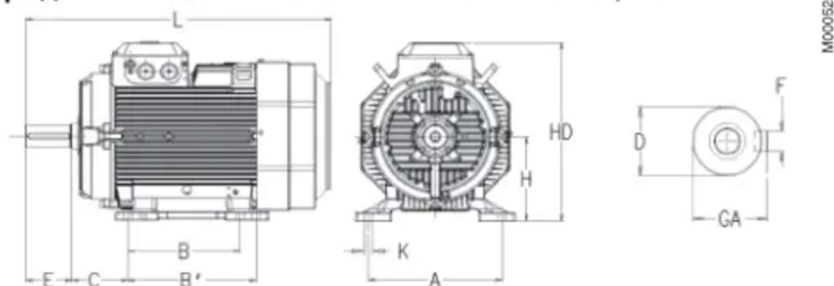
00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

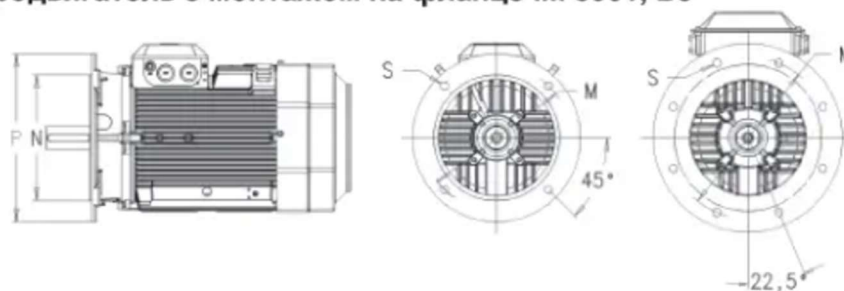
104

Електродвигун марки АВВ модель M2AA 160 MLA2

Электродвигатель с монтажом на лапах IM1001, B3



Электродвигатель с монтажом на фланце IM 3001, B5



IM 1081 и IM 3081					IM 1081							IM 3081				
D	GA	F	E	Lmax	A	B	B'	C	HD	K	H	M	N	P	S	
42	45	12	110	584	254	210	254	108	370	14,5	160	300	250	350	19	

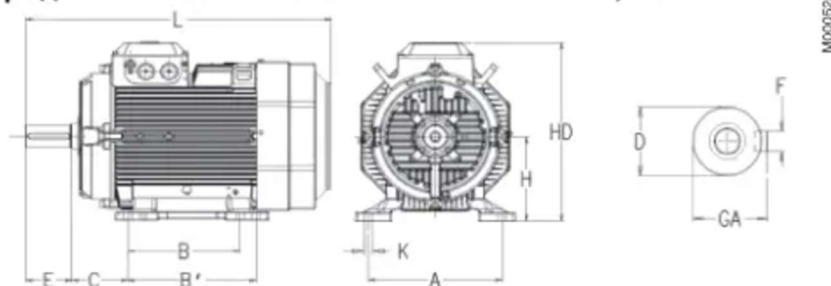
Рис. 68 – розміри електродвигуна M2AA 160 MLA2

Класс энергоэффективности	IE1
Защита, класс	IP55
Частота тока, Гц	50
Фазность	3 фаз - 380 В
Мощность, кВт	11
Обороты, об/мин.	3000
КПД, %	88
Коэффициент мощности, cosφ	0.89
Потребляемый номинальный ток, In (А):	20.5
Отнош. макс. вращ-го момента силы к ном., Mmax/Mн:	2.7
Отнош. пуск. вращ-го момента силы к ном., Mпуск/Mн	2.1
Стандарт	DIN
Масса, кг	82

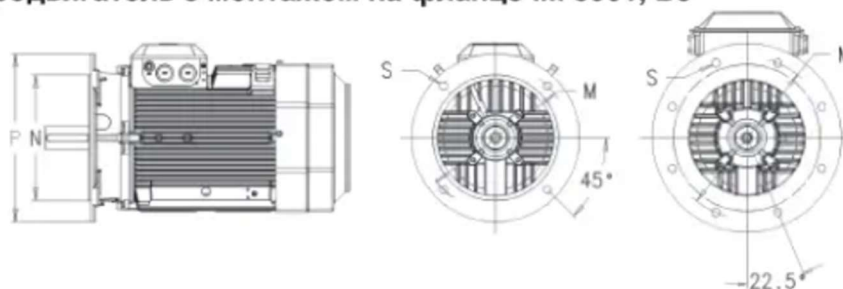
Рис. 69 – технічні характеристики електродвигуна M2AA 160 MLA2

Електродвигун марки АВВ модель M2AA 225 SMA4

Електродвигатель с монтажом на лапах IM1001, B3



Електродвигатель с монтажом на фланце IM 3001, B5



IM 1081 и IM 3081					IM 1081							IM 3081				
D	GA	F	E	Lmax	A	B	B'	C	HD	K	H	M	N	P	S	
55	59	16	110	821	365	286	311	149	525	18	225	400	350	450	19	

Рис. 70 – розміри електродвигуна M2AA 225 SMA4

Класс энергоэффективности	IE1
Защита, класс	IP55
Частота тока, Гц	50
Фазность	3 фаз - 380 В
Мощность, кВт	37
Обороты, об/мин.	1500
КПД, %	91.6
Коэффициент мощности, cosφ	0.84
Потребляемый номинальный ток, In (А):	69
Отнош. макс. вращ-го момента силы к ном., Mmax/Mн:	2.7
Отнош. пуск. вращ-го момента силы к ном., Mпуск/Mн	2.3
Стандарт	DIN

Рис. 71 – технічні характеристики електродвигуна M2AA 225 SMA4

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

106

Пластинчастий теплообмінник ALFA LAVAL

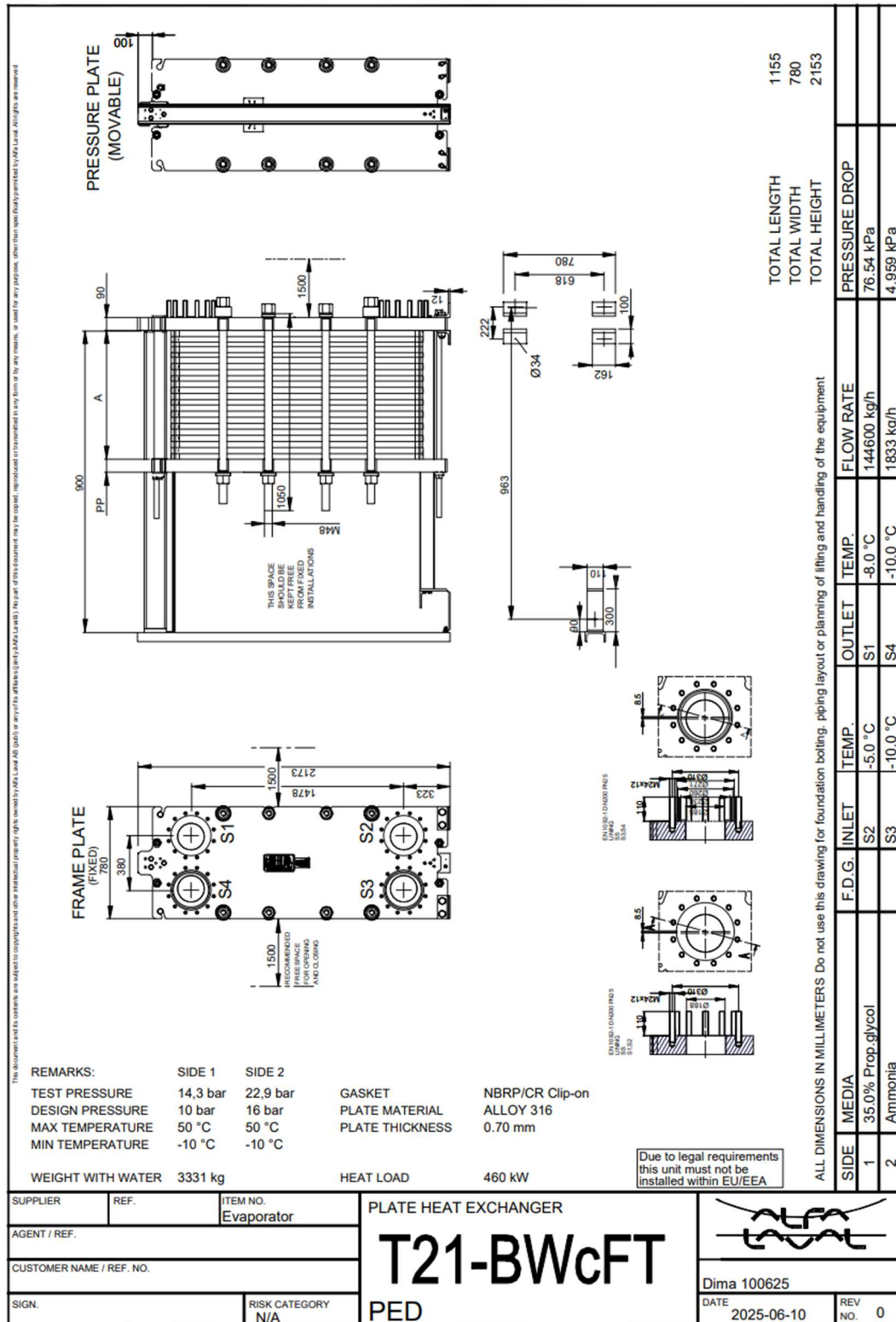


Рис. 72 – розміри пластинчастого теплообмінника

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

00 ДП.142.014.008.ПЗ

Арк.

107

Plate Heat Exchanger

Technical specification

Customer :
Model : T21-BWcFT
Project: : Dima 100625
Item : Evaporator

Date : 10.06.2025

		Hot side	Cold side
Fluid		35.0%Prop.glycol	Ammonia
Mass flow rate	kg/h	144600	1833
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	1283
Inlet temperature	°C	-5.0	-10.0
Dew point	°C		-10.0
Outlet temperature(vapour/liquid)	°C	-8.0	-10.0
Operating pressure (In/Out)	bara	/	2.92/2.88
Pressure drop (Perm/Calculate)	kPa	100/76.5	11.9/4.96
Velocity connection (In/Out)	m/s	1.23/1.23	0.0250/4.93
Heat Exchanged		kW	460.0
Heat transfer area		m ²	90.6
O.H.T.C clean conditions		W/(m ² ·K)	1989
O.H.T.C service		W/(m ² ·K)	1616
Fouling Resistance* 10000		m ² ·K/W	0.35
Duty margin		%	16
Mean Temperature Difference		K	3.1
Relative directions of fluids		Cocurrent	
Nozzle orientation		S2 -> S1	S3 -> S4
Connections S1, S2, S3, S4:		FLANGE EN1092-1 DN200 PN25, lining SS	
No. of plates		114	
No. of effective plates		112	
Number of passes		1	1
Extension capacity		21	
Plate material / Thickness		ALLOY 316 / 0.70 mm	
Sealing material		NBRP	Welded
Ring Gasket		CR	
Pressure vessel code		PED	
Design pressure		bar	10.0 16.0
Test pressure		bar	14.3 22.9
Design temperature		°C	50.0/-10.0 50.0/-10.0
Overall length x width x height		mm	1155 x 780 x 2153
Liquid volume		dm ³	136.24 138.58
Net weight, empty / operating / Flooded		kg	3060 / 3200 / 3280
Packed weight		kg	3169
Type of package		SKID BASE LYING	
volume		m ³	2.4
length x width x height		mm	2350 x 900 x 1122

The performance of the equipment is conditioned by the process media and process parameters being consistent with the provided customer data.
 Data, specifications, and other kind of information of technological nature set out in this document and submitted by Alfa Laval to you (Proprietary Information) are intellectual proprietary rights of Alfa Laval. The Proprietary Information shall remain the exclusive property of Alfa Laval and shall only be used for the purpose of evaluating Alfa Laval's quotation. The Proprietary Information may not, without the written consent of Alfa Laval, be used or copied, reproduced, transmitted or communicated or disclosed in any other way to a third party.

Рис. 73 – технічні характеристики пластинчастого теплообмінника

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						108
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

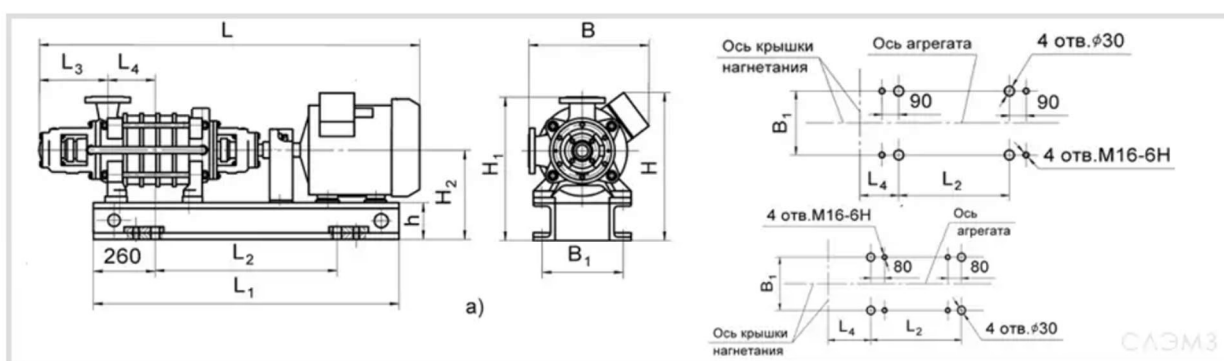
Насос ЦНС 180-85



Характеристика	Значення
Q м³/год	180
Напір, м	85
P, кВт	75
N, об/хвил	1500/1000
ККД, %	70
Кавіт. запас, м	<4,0
Число ступенів	2

Рис. 0 – технічні характеристики насоса ЦНС 180-85

Таблиця габаритних розмірів та креслення насоса ЦНС 180-85 в агрегаті з двигуном.



Двигун	LxВxН, мм		L2	L3	L5	H1	H2	Маса агрегата, кг
	с с.у.	с т.у.						
Загальнопромисловий	2080x700x990	2220x880x900	1550	1030	215	925	600	1300
Вибухозахищений	2130x700x990	2270x880x900						1470

Рис. 74 – розміри насоса ЦНС 180-85 з електродвигуном

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Насос аміачний 1ЦГ12,5/50-4-2

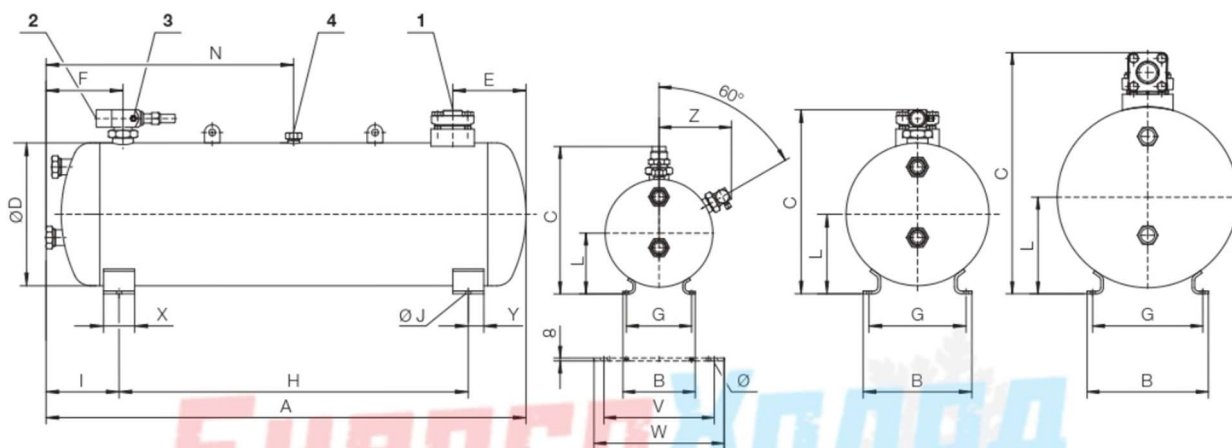
Користувальницькі характеристики

Автоматичний контроль рівня робочої середовища	Немає
Додатковий сервіс	Сервісне обслуговування
Мінімальна температура перекачуваного середовища, град. З	-40
Вид охолодження зовнішньої поверхні статора двигуна - рідинне	Б/О
Напір при номінальній подачі, м	50
Допустимий кавітаційний запас при номінальній подачі, м	1
Номінальна подача, м. куб/год	12.5
Габарити, мм	755x400x340
Номінальна потужність вбудованого електродвигуна, кВт	4
Максимальна температура середовища, град. З	100
Робочий інтервал подач, м. куб/год	3,5 - 18
Вибухозахищене виконання	Так
Максимальна кінематична в'язкість робочої рідини	40 кв. мм/с
Маса, кг	100

Рис. 75 – технічні характеристики насоса 1ЦГ12,5/50-4-2

					00 ДП.142.014.008.ПЗ	Арк.
						110
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лінійний ресивер F2202N



Тип Type Typ	Abmessungen in mm Dimensions in mm Размеры в мм																					
	A	B	C	øD	E	F	G	H	I	øJ	L	N	T	U	U*	V	W	X	Y	Z	Z1	Ø
F062H	864	130	184	108	92	122	110	400	247	9	125	92	292	295	-	212	250	60	30	79	-	9
F102H	623	130	234	159	96	127	110	400	127	9	190	96	117	295	-	275	320	60	30	122	-	13
F152H	873	130	242	159	96	127	110	752	76	9	190	96	202	335	-	275	320	50	32	123	-	13
F192T	1121	130	190	159	96	127	110	740	206	9	95	96	163	260	283	275	320	60	30	123	126	13
F202H	665	200	293	216	115	150	180	400	150	9	236	115	102	381	-	275	320	60	30	159	-	13
F252H	825	200	293	216	115	150	180	400	230	9	236	115	195	381	-	305	360	60	30	159	-	18
F302H	945	200	293	216	115	150	180	740	120	9	236	115	215	381	-	305	360	60	30	159	-	18
F392T	1215	200	245	216	115	150	180	740	255	9	118	115	212	260	283	305	360	60	30	159	161	18
F402H	1215	200	299	216	115	150	180	740	255	9	236	115	350	381	-	305	360	60	30	165	-	18
F552T	1665	200	299	216	115	300	180	900	400	9	236	115	586	381	381	305	360	130	62,5	165	-	18
F562N	965	200	410	298	145	180	180	400	305	9	168	230	-	-	-	305	360	60	30	201	-	18
F732N [Ⓞ]	1215	200	410	298	145	180	180	900	180	9	168	230	-	-	-	305	360	60	30	201	-	18
F902N [Ⓞ]	1465	200	415	298	145	180	180	900	305	9	168	230	-	-	-	305	360	60	30	201	-	18
F1052T	1715	200	415	298	145	330	180	900	430	9	336	145	611	381	381	305	360	130	62,5	201	-	18
F1202N	1238	280	478	368	191	189	250	900	187	13	205	637	-	-	-	-	-	80	40	-	-	-
F1602N	1733	280	478	368	189	194	250	900	434	13	205	884	-	-	-	-	-	80	40	-	-	-
F2202N	1358	335	666	500	264	284	305	900	244	13	267	694	-	-	-	-	-	80	40	-	-	-
F3102N	1858	335	666	500	264	284	305	900	494	13	267	944	-	-	-	-	-	80	40	-	-	-

Рис. 76 – Розміри ресивера F2202N