



# 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.

“31” березня 2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Данькевич Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект складу зберігання кондитерських виробів місткістю 10 000 т. у м. Львів

керівник роботи д.т.н., проф., Серьогін О.О.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31.03.2022р. №167-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 06.06.2022 року

3. Вихідні дані до роботи передбачити камери зберігання сировини(охолодженої, замороженої), холодоагент R717, теплоізоляційні конструкції сендвіч-панелі на основі пінополіуретана

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ; Холодильна частина; Розділ економіки; Розділ охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема Холодильної установки (А1)

2. План та розріз будівлі холодильника (А1)



## Анотація

В даному проекті розроблено систему тепло-холодопостачання логістичного складу місткістю 10 000 тон у м. Львів.

На складі зберігається готова продукція, що являє собою шоколадні батончики. Планування приміщення не передбачає розділення його на окремі камери. Склад умовно розділено на дві окремих частини, кожна з яких має свою вантажну платформу.

Розрахунок системи тепло-холодопостачання проводився на базі теплового насосу. В якості первинного джерела низького потенціалу використано теплоту фазового переходу рідини у твердий стан. Теплообмінником первинного джерела являється система поліетиленових труб у вигляді змієвика.

Стелажі підібрано таким чином, щоб заощадити капітальні та експлуатаційні витрати. Вони є мобільними. Це дозволяє відкривати проїзд між ними лише в разі необхідності, що суттєво заощаджує площу під забудову.

Проведено розрахунок теплових надходжень до складського приміщення, на підставі якого розраховувалось і вибиралось основне та допоміжне обладнання, складався річний баланс споживання тепла і холоду приміщенням.

Схему роботи теплового насосу запропоновано централізовану. Цикл за яким працює машина – одноступеневий з економайзером.

Обране основне та допоміжне обладнання є сучасним, ефективним, економічним.

Нагрів приміщення у зимовий та охолодження у літній період здійснюється за допомогою фанкойлів.

**Ключові слова:** *одноступенева холодильна машина, фанкойли, IPN, тепловий насос, фоеон, R410a.*

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

## Вступ

Постійне розширення меж використання штучного холоду в науково-дослідній сфері, сільському господарстві та багатьох галузях промисловості сприяє інтенсивному розвитку та вдосконаленню методів отримання низьких температур і розробці для цього нових технологічних засобів й обладнання.

Основними сферами промисловості, в яких застосування штучного холоду є важливою технологічною ланкою їх виробничого циклу, є харчова та переробна галузі. Використання низьких температур у цих галузях не обмежується тільки створенням сприятливих умов для коротко або довготривалого зберігання продукції на різних стадіях виробництва, а й може бути задіяне як основна технологічна операція для виробництва різноманітної продукції. Суттєвого розвитку набуває використання холодильних циклів для забезпечення тепlopостачання як виробничих, так і муніципальних приміщень.

Ефективність запровадження технології використання холоду в тому чи іншому виробничому циклі значною мірою залежить від оптимального вибору для цієї мети високо продуктивного й енергозберігаючого холодильного обладнання та продуманості щодо застосування низьких температур у технологічному процесі з дотриманням усіх необхідних правил та рекомендацій.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зміст

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції .....	5
2. Розрахунок системи Ice Storage.....	8
2.1. Розрахунок ємності .....	8
3. Техніко-економічне обґрунтування .....	17
4. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника .....	19
5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника .....	22
6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....	25
7. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори .....	31
8. Вибір структури системи тепло-холодопостачання та типу холодильної установки. ....	32
9. Визначення розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини .....	33
10. Вибір теплообмінного обладнання .....	40
11. Розрахунок теплообмінного обладнання холодильної камери .....	43
12. Вибір допоміжного обладнання .....	45
13. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах .....	48
13.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів для пропилен гліколю .....	48
13.2 Розрахунок діаметрів фреонових трубопроводів.....	51
14. Вибір насосів .....	52
15. Розрахунок техніко-економічних показників. ....	55

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15.1	Замовна специфікація на обладнання .....	55
15.2	Визначення кількості виробленого тепла і холоду.....	58
15.3	Статті витрат .....	59
15.4.	Цехові витрати .....	63
15.5	Собівартість одиниці тепла і холоду .....	64
16.	Охорона праці .....	65
17.	Список використаної літератури.....	78

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

Склад кондитерських виробів призначений для приймання продукції від виробника, її накопичення, зберігання та подальшого поступового відпуску у торговельні мережі. Він розміщений у м. Львів.

Кондитерські вироби, а саме шоколадні батончики «Snickers», «Mars», «Twix», «Kit-kat» випускаються в поліетиленових обгортках, запаяних з обох боків, вкладені в картонні коробки, які потім поміщаються у картонні ящики. З ящиків формують вантажний пакет висотою 1.2 м на дерев'яних піддонах європейського стандарту (1200×800×144 мм), після чого пакет обмотують плівкою для підвищення його стійкості. Далі пакет охолоджують до температури +18°C. За допомогою вилкового навантажувача піддони з вантажними пакетами завантажують до автомобільного ізоітермічного кузова-фургона та відправляють на склад для подальшого зберігання. Умови зберігання кожного виду батончиків однакові, а саме:

- строк зберігання 8 місяців з моменту фасування у обгортку;
- температурний режим зберігання +5 ÷ +22°C ;
- вологісний режим підтримувати в межах  $\varphi = 70 \div 75\%$  ;

Недотримання заданого температурного режиму може призвести до наступних наслідків:

- при зниженні температури нижче +15°C з'являється ймовірність випадання конденсату з появою характерного білого нальоту;
- при підвищенні температури вище +21°C з'являється ймовірність плавлення батончика, його деформація і, відповідно, втрата товарного вигляду;

При відвантаженні продукції перевіряється вага, маркування, оформлюються товарно-транспортні документи та накладні.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Данькевич О.О.			Проект складу зберігання кондитерських виробів місткістю 10 000 т. у м. Львів	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		Серьогін О.О.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Петренко В.П.						
						НУХТ, гр. ХМ-4-12ск		



- зменшення площі складу на 46% у порівнянні з використанням звичайних консольних стелажів;
- заощадження приблизно 35% інвестиційних затрат;
- зниження витрат на енергоспоживання приблизно на 49%;
- зниження експлуатаційних витрат майже на 52%;

При необхідності отримання доступу до продукції ряди стелажів розсуваються у потрібній секції.

### **Відпускання продукції**

Перед завантаженням продукцію ретельно перевіряють на дотримання правил зберігання. Звіряють відповідність маркування, стан вантажного пакету, температуру, вагу, товарно-транспортні документи та накладні. Продукція завантажується у ізотермічний транспорт та доставляється у місця продажу.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Розрахунок системи Ice Storage

Розрахунок системи Ice Storage передбачає визначення об'єму ємності, об'єму води для заповнення ємності, кількість льоду для можливості отримання пасивного холоду в теплий період року, довжини змієвикового теплообмінника первинного джерела. Розрахунок проводжу для зимового періоду з метою визначення необхідної кількості льоду.

### 2.1. Розрахунок ємності

Для визначення продуктивності теплообмінника первинного джерела необхідно розрахувати коефіцієнт теплопередачі при охолодженні води в ємності. Враховую зміну теплопередачі та густини теплового потоку при утворенні льоду на трубі. Для цього користуюсь методикою [3, с. 62-63].

Дійсна холодопродуктивність  $Q_0 = 122,4$  кВт. Теплофізичні характеристики пропилен гліколю – таблиця 2.1.

Таблиця 2.1.

$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\nu$	$c$	$Pr$	$\beta$
1052,4	0,359	0,01538	0,0000225	3,522	233	0,004

Нагрівання гліколю  $\Delta t = 2^\circ \text{C}$ . Визначаю масову витрату проміжного теплоносія:

$$G = \frac{Q_0}{c \cdot \Delta t}, \text{ кг / с} \quad 2,1$$

$$G = \frac{180}{3,522 \cdot 2} = 25,5 \text{ кг / с.}$$

Швидкість руху теплоносія:

$$\omega = \frac{G}{\rho \cdot f \cdot n_z}, \text{ м / с} \quad 2,2$$

$$\omega = \frac{25,5}{1052,4 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} \cdot 34} = 0,73 \text{ м / с,}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

де  $n_z$  – кількість розгалужень на змієвику,  $f$  – площа поперечного перерізу труби. Приймаю трубу поліетиленову стандартного перерізу ПЕ 40x2,4. Максимальний тиск, який витримують стінки труби – 0,8 МПа.

Внутрішній діаметр труби:

$$d_{вн} = d_{зн} - 2 \cdot \delta, \text{ мм} \quad 2,3$$

$$d_{вн} = 0,04 - 2 \cdot 0,0024 = 0,0352 \text{ мм.}$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{вн}}{\nu} \quad 2,4$$

$$Re = \frac{0,73 \cdot 0,0352}{22,5 \cdot 10^{-6}} = 1149$$

Режим ламінарний -  $Re < 2000$ . Для визначення коефіцієнту тепловіддачі зі сторони гліколю використовую формулу:

$$\alpha_p = 0.15 \cdot Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left( \frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l \cdot \frac{\lambda}{d_{вн}}, \quad 2,5$$

де  $\varepsilon_l$  приймаю 1, оскільки відношення довжини труб до діаметра більше 50.

Число Прандтля при температурі рідини біля стінки:

$$Pr_{ст} = \frac{\mu \cdot c_{ст}}{\lambda_{ст}}, \quad 2,5$$

де  $\mu$  - динамічна в'язкість стінки поліетиленових труб.

$$Pr_{ст} = \frac{1733,3 \cdot 10^{-2} \cdot 3,543}{0,364} = 169 \quad 2,6$$

Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot l_0^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \theta \quad 2,7$$

$$Gr = \frac{9,81 \cdot 0,04^3}{(14,6 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,004 = 11114,$$

де  $\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення рідини,  $\theta$  - різниця температури рідини і стінки. Приймаю  $\theta = 1$ .

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

Тепловіддача:

$$\alpha_p = 0.15 \cdot 1149^{0,33} \cdot 233^{0,43} \cdot 11114^{0,1} \left( \frac{233}{169} \right)^{0,25} \cdot \frac{0,359}{0,0352} = 411,4 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}. \quad 2,8$$

Визначаю середню в часі різницю температур. Для цього задаю початкову і кінцеву температури води в ємності відповідно 7 і 0 °С. Середня температура гліколю -9°С.

Середньо-логіфімічна різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_p - t_k}{\ln \frac{t_p - t_o}{t_k - t_o}} = \frac{7 - 0}{\ln \frac{7 - (-9)}{0 - (-9)}} = 12,2^\circ \text{C} \quad 2,9$$

Середня в часі температура води в ємності:

$$t_c = t_o + \Delta t_{cp} = (-9) + 12,2 = 3,2^\circ \text{C} \quad 2,10$$

Теплофізичні властивості води для визначеної температури заносу до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/мК	$\mu$	$\nu$	$c$ кДж/кг	Pr	$\beta$
999,9	0,558	2,2	$1,638 \times 10^{-6}$	4,2	12,4	0,2

Визначаю температуру стінки труби з боку води:

$$t_{cm} = t_o + \frac{q}{\alpha_p} + q \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}, \text{ } ^\circ \text{C} \quad 2,11$$

$$t_{cm} = -9 + \frac{775}{411,4} + 775 \cdot \frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{0,4} = -2,5^\circ \text{C},$$

де  $q$  – задаюся середньою по діаметру густиною теплового потоку.

Температурний напір між стінкою та середньою температурою рідини в граничному шарі:

$$\Delta t_c = (3,1 - (-2,5)) / 2 = 2,82^\circ \text{C} \quad 2,12$$

Інтенсивність тепловіддачі при охолодженні води в режимі вільної конвекції:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ					

$$Ra_d = \frac{gd_z^3}{\nu^2} \Delta t_c \beta Pr, \quad 2,13$$

$$Ra_d = \frac{9,81 \cdot 0,04^3}{(1,638 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 2,82 \cdot 0,2 \cdot 10^{-4} \cdot 12,4 = 163429;$$

Тепловіддача по діаметру труби:

$$\alpha_d = \frac{\lambda}{d_z} 0,518 \frac{Ra_d^{0,25}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr}\right)^{0,5625}\right]^{\frac{4}{9}}} \quad 2,14$$

$$\alpha_d = \frac{0,558}{0,04} 0,518 \frac{163429^{0,25}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{12,4}\right)^{0,5625}\right]^{\frac{4}{9}}} = 135,2 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Проектна висота змієвика  $H_z = 11,2$  м.

$$Ra_h = \frac{gH_w^3}{\nu^2} \Delta t_c \beta Pr. \quad 2,15$$

$$Ra_h = \frac{9,81 \cdot 11,2^3}{(1,638 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 2,82 \cdot 0,2 \cdot 10^{-4} \cdot 12,4 = 3,6 \cdot 10^{12}$$

Модифіковане число Прандтля:

$$Pr_\psi = \left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{0,5625}\right]^{\frac{-16}{9}} \quad 2,16$$

$$Pr_\psi = \left[1 + \left(\frac{0,492}{12,4}\right)^{0,5625}\right]^{\frac{-16}{9}} = 0,4$$

Тепловіддача по висоті змієвика:

$$\alpha_h = \frac{\lambda}{H_{zm}} \left(0,68 + 0,67 (Ra_h Pr_\psi)^{0,25}\right) \quad 2,17$$

$$\alpha_h = \frac{0,558}{11,2} \left(0,68 + 0,67 (3,6 \cdot 10^{12} \cdot 0,4)^{0,25}\right) = 49,5 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від води до змієвика (вертикальний ряд горизонтальних труб) в режимі вільної конвекції може бути розрахований за формулами:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Визначаю середньо-розрахункові теплові втрати  $Q_1$ . Приймаю середню температуру за опалювальний сезон –  $2,1^\circ\text{C}$ . Опалювальний сезон приймаю 6 місяців.

Річний баланс зводжу до таблиці 2.4.

Таблиця 2.5.

Річний баланс					
Зима					
	Q1	Q2	Q3	Q4	$\Sigma Q_z$
кВт	28,25	70	4	38,8	141
ГДж	439	1104	62,2	603,4	2200
Літо					
	Q1	Q2	Q3	Q4	$\Sigma Q_l$
кВт	24,7	52,6	0,67	83	160
ГДж	384	818	10,4	1291	2503

Визначаю масу льоду, утвореного в ємності у опалювальний період:

$$M_l = \frac{\sum Q_p}{r}, \text{ кг} \quad 2,21$$

$$M_l = \frac{2200 \cdot 10^9}{335 \cdot 10^3} = 6,6 \cdot 10^6 \text{ кг},$$

де  $r$  – теплота фазового переходу.

Об'єм льоду:

$$V_l = \frac{M_l}{\rho_l}, \text{ м}^3 \quad 2,22$$

$$V_l = \frac{6,6 \cdot 10^6}{910} = 7247 \text{ м}^3,$$

Приймаю товщину намороженого льоду 310 мм. Визначаю його площу поперечного перерізу:

$$S = \pi \cdot \left( \frac{D^2 - d_{\text{зн}}^2}{4} \right), \text{ м}^2 \quad 2,23$$

$$S = 3,14 \cdot \left( \frac{0,66^2 - 0,04^2}{4} \right) = 0,34 \text{ м}^2,$$

де  $D$  – це діаметр труби з урахуванням утвореного льоду.

Визначаю довжину змієвикового теплообмінника первинного джерела:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ					

$$V_L = S \cdot L, \text{ м}^3 \quad 2,24$$

$$L = \frac{7247}{0,34} = 21270 \text{ м}$$

Приймаю встановлення двох змієвиків. Протяжність одного змієвика складає 10693 м. Посередині проходить живильний колектор. Кожен колектор складається з 17 відгалужень по вертикалі. Одне відгалуження у вигляді спіралі має протяжність 629 м. Кількість витків спіралі – 17. Зовнішній діаметр змієвика приймаю 22 м. Висота змієвика: раніше прийнято 11,2 м. Товщину намерзання льоду враховано. Висоту ємності приймаю 13 м. Висоту рівня рідини приймаю 12 м.

З прийнятих розмірів ємності визначаю її об'єм та об'єм води.

$$V_e = S_e \cdot H_e, \text{ м}^3 \quad 2,25$$

$$S_e = (D + 2\delta_l) \cdot D_e + \frac{\pi \cdot D_e^2}{4}, \text{ м}^2$$

де  $D_e$  – діаметр скруглень ємності,  $\delta_e$  – товщина льоду на трубах.

$$S_e = (22 + 2 \cdot 0,31) \cdot 23 + \frac{3,14 \cdot 23^2}{4} = 935,5 \text{ м}^2$$

$$V_e = 935,5 \cdot 13 = 12161,5 \text{ м}^3$$

Об'єм води:

$$V_B = 935,5 \cdot 12 = 11225 \text{ м}^3$$

Зовнішня площа огорожі ємності:

$$L_e = \pi D_e + 2 \cdot (D + 2 \cdot \delta_l), \text{ м} \quad 2,26$$

$$L_e = 3,14 \cdot 23 + 2 \cdot (22 + 2 \cdot 0,31) = 117,5 \text{ м}$$

$$S_e^{3H} = L_e \cdot H_e, \text{ м}^2$$

$$S_e^{3H} = 117,5 \cdot 13 = 1527,5 \text{ м}^2,$$

Приймаю густину теплового потоку від ґрунту до ємності в зимовий період  $q_r = 0,15 \text{ ГДж/м}^2$ . Визначаю сумарні теплонадходження до ємності від ґрунту за опалювальний період:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum_{Зима} Q_{Г} = q_{Г} \cdot S_{С}^{3H}, ГДж \quad 2,27$$

$$\sum_{Зима} Q_{Г} = 0,15 \cdot 1527 = 237,3 ГДж;$$

Для літнього періоду приймаю густину теплового потоку  $q_{Г} = 0,027 \text{ ГДж/м}^2$ .

Питомий тепловий потік  $q_{Г}$  приймаю згідно [4].

Сумарні теплонадходження до ємності за літній період:

$$\sum_{Зима} Q_{Г} = 0,027 \cdot 1527 = 41 ГДж; \quad 2,28$$

Баланс:

$$\sum Q_{з} = \sum Q_{л} + \sum_{Зима} Q_{Г} + \sum_{літо} Q_{Г}, ГДж \quad 2,29$$

$$2200 = 2503 + 237,3 + 41, ГДж$$

$$2200 = 2781,3 ГДж$$

Кількість тепла, необхідну відвести у літній період, перевищує теплові потреби приміщення у зимовий. Також враховую втрати холоду через стіни ємності у ґрунт.

Визначаю термін, який ємність має працювати у режимі пасивного охолодження:

$$Q_{добове} = 160 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^3 = 14 ГДж, \quad 2,30$$

де  $Q_{добове}$  – кількість тепла, яку необхідно відвести за 1 добу. Додатково враховую добове теплонадходження у ємність з ґрунту у розмірі 0,23 ГДж/добу.

$$N_{днів} = \sum_{Зима} Q / Q_{добове} = 2200 / 14,23 = 154 \text{ Доби}. \quad 2,31$$

Кількості льоду, утвореної у зимовий період, має вистачити на 154 доби. Похибка розрахунку складає 5%. Після розмороження ємності охолодження приміщення відбуватиметься льодяною водою 26 діб. Визначаю температуру підігрівання води в ємності за умови максимального навантаження у теплий період 160 кВт:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{24} = c_B M_B (t_2 - t_1), \text{кВт}$$

2,31

$$14,23 \cdot 10^9 \cdot 26 = 4200 \cdot 11225 \cdot 999 (t_2 - 0)$$

$$370 \cdot 10^9 = 47 \cdot 10^9 (t_2 - 0)$$

$$t_2 = 7,8^\circ \text{C}$$

де 14,23 ГДж – добова кількість тепла, що поступає у ємність з урахуванням тепла від ґрунту. Підігрів води у ємності складає 7,8°С.

У якості резерву в бак-акумулятор встановлено електричні нагрівачі загальною потужністю 40 кВт.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Техніко-економічне обґрунтування

Для підтримання температурного режиму +18 °С на логістичному складі встановлюю систему опалення на базі теплового насосу. У порівнянні з використанням традиційних методів опалення, така схема дозволить зменшити експлуатаційні витрати, отримати більшу кількість теплової енергії на одиницю затраченої електричної.

В якості первинного джерела низькопотенційної теплової енергії приймаю ємність з водою і змієвиковим теплообмінником із ПЕ труб, яка знаходиться у ґрунті. Таке рішення дозволяє цілком позбутися потреб у площі під монтаж геотермального поля, корисно використовувати теплоту кристалізації води. У теплий період наморозений лід дозволить отримувати пасивний холод без необхідності вмикання теплового насосу у режим холодильної машини. Це в свою чергу дозволяє заощадити експлуатаційні витрати, оскільки в теплий період електроенергія споживається лише відцентровим водяним насосом.

Холодильний агент приймаю R410A. При однакових температурах кипіння і конденсації застосування цього фреону дозволить встановити менші компресори, у порівнянні з R404A, R507, R422A. При використанні R134a перепад тисків збільшується, з'являється необхідність вибору компресорів більшої продуктивності. Додатковою перевагою R410A є можливість дозаправлення.

Використання схеми з встановленням економайзера дозволяє зменшити необоротні втрати при дроселюванні холодильного агенту, збільшити питому холодопродуктивність.

Через відсутність великої кількості камер зникає необхідність встановлення децентралізованої системи тепlopостачання. Встановлення централізованої дозволяє розмістити все обладнання в одному приміщенні. Це суттєво спрощує його експлуатацію, підвищує безпеку праці.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нагрівання приміщення в опалювальний період та охолодження у літній приймаю з примусовим рухом повітря.

Теплообмінне обладнання теплового насосу встановлено пластинчате. Це дозволяє суттєво скоротити площу під монтаж при достатньо великій теплообмінній поверхні одного теплообмінника. Додатковою перевагою є великі коефіцієнти теплопередачі сучасних пластинчатих теплообмінних апаратів.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

Визначення площі складу проводжу графічним методом. Приймаю встановлення рухомих стелажів. Розмір однієї секції стелажу 4x1,5x1,5 м (довжина, ширина, висота). Навантаження на одну секцію 2368 кг. Загальна кількість секцій по довжині складає 12, по висоті – 7. Розміри секції обрано з урахуванням розмірів піддону європейського стандарту, а саме: 1200x800x144. В одній секції розміщується 4 піддони. Маса однієї палети 592 кг. Загальна маса продукції, яка розміщується на одному стелажі сягає:

$$592 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 7 = 198912 \text{ кг} \quad 4,1$$

Загальна маса продукції складає 10 тисяч тон -  $10 \cdot 10^6 \text{ кг}$ . Визначаю необхідну кількість стелажів для забезпечення розміщення всієї продукції:

$$\frac{10 \cdot 10^6}{198912} = 50 \quad 4,2$$

Враховуючи глибину одного стелажу, визначаю товщину всієї конструкції у зімкненому стані:

$$1,5 \cdot 50 = 75 \text{ м} \quad 4,3$$

Особливості несучих конструкцій приміщення передбачають встановлення однієї колони кожні 9 м. Один з рядів проходить по середині приміщення вздовж довшої сторони будівлі. Враховуючи це, блок стелажів необхідно розділити. Приймаю розділення з розміщенням по 6 секцій на обидві сторони центрального ряду колон. Відступ від несучих балок приймаю 500 мм. Відстань від стелажів до західної стінки приймаю 1 м. Конструкція стелажів з цієї сторони нерухома. Всі інші ряди конструкції мають рухатись відносно першого ряду. З протилежного боку приймаю відстань від стелажів до стін будівлі 5 м. Саме така відстань є оптимальною при відкриванні одночасно двох рядів.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочу зону для електричних навантажувачів приймаю 2 м.

Довша сторона будівлі буде рівна:

$$75 + 1 + 5 = 81\text{ м} \quad 4,4$$

З боку меншої сторони будівлі особливості несучої конструкції передбачають встановлення колони через 30 м. Визначаю ширину блоку стелажів:

$$3,3 \cdot 6 = 19,8\text{ м} \quad 4,5$$

З урахуванням відступу конструкції стелажів від центральних балок приймаю ділянку для вантаження продукції шириною 9,7 м. Друга сторона будівлі має розмір:

$$(0,5 + 19,8 + 9,7) \cdot 2 = 60\text{ м} \quad 4,6$$

Будівля умовно поділена на 2 частини. Операції, пов'язані з прийманням та відпуском продукції відбуваються з обох боків приміщення вздовж більшої його сторони. Для транспорту передбачається 9 під'їздів з кожної сторони. Обидві частини будівлі працюють автономно. Над кожною ділянкою проведення вантажних робіт з середини розміщується адміністративне приміщення на висоті 3 м над рівнем під'їзних шлюзів. Протяжність приміщення становить 81 м. Ширина приміщення 3 м.

Кінцеві розміри складу: 81x60x12 м.

Машинне відділення являє собою окреме приміщення, прибудова до основного із західного боку. Розміри приймаю 24x18x4 м.

План приміщення рис. 4.1.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

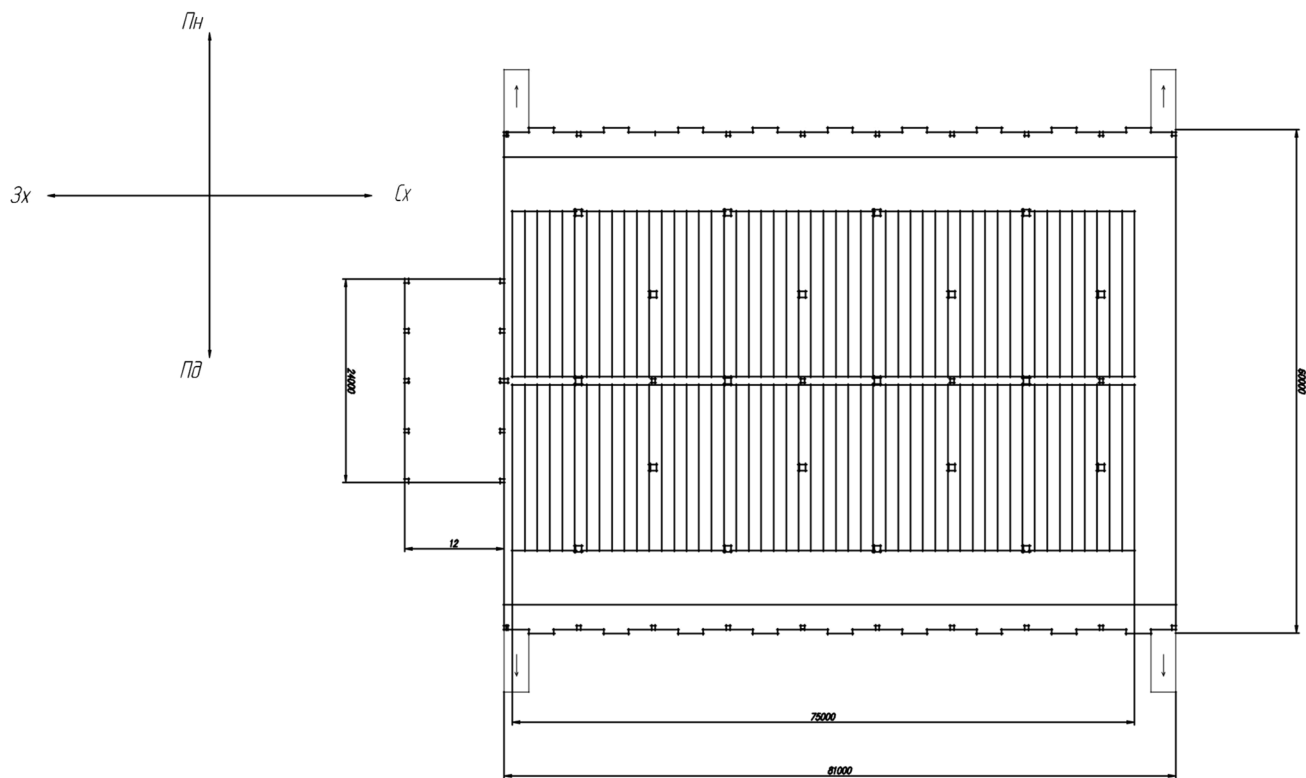


Рис. 4.1. План приміщення.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Розрахунок теплоізоляційного шару проведено у відповідності з температурним режимом логістичного складу.

Приймаю зовнішні та внутрішні стіни - сандвіч панелі.

У якості теплоізоляційного матеріалу приймаю: IPN Thermalsafe – поліізоціанурат. Технічна характеристика: коефіцієнт теплопровідності 0,02 Вт/(м·К).

Ізоляційний матеріал для підлоги відсутній.

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[ \frac{1}{k_0} - \left( \frac{1}{\alpha_H} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right], \text{ м}, \quad 5,1$$

де  $\delta_{із}$ ,  $\delta_s$  - товщини теплоізоляційного та будівельного шарів відповідно, м;  
 $\alpha_B, \alpha_H$  - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стін відповідно, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\lambda_{із}$ ,  $\lambda_s$  - коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційного та будівельних шарів відповідно, Вт/(м·К);  $k_0$  – коефіцієнт теплопередачі огорож, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Розрахункове значення теплоізоляційного шару треба збільшити до стандартного (50мм, 100мм, 200мм), тоді дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} + \frac{\delta_{із}^{пр}}{\lambda_{із}}}, \text{ Вт / м}^2 \text{ К} \quad 5,2$$

- де  $\delta_{із}^{пр}$  - прийнята, або стандартна товщини теплоізоляції, м.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

Конструкції та властивості прошарків зведено до таблиці 1.

Таблиця 1. Склад та теплофізичні властивості огорожі холодильника.

Тип огороження	Найменування шарів огороження	Товщина $\delta_i$ , м	Коеф. тепло-провідності $\lambda_i$ , Вт/(м·К)	Термічний опір $R_i = \delta_i / \lambda_i$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
Покриття	1. Сталевий лист	0,0006	58	0,00001
	2. Плита IPN	-	0,02	-
	3. Сталевий лист	0,0006	58	0,00001
			Разом:	0,00002
Підлога	1. Тяжкий бетон	0,2	1,86	0,11
	2. Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
	3. Без ізоляції	-	-	-
	4. Залізобетонна плита	0,22	1,86	0,118
	5. Ущільнюючий насип	1,35	0,58	2,33
		Разом:	2,6	
Зовнішня стіна	1. Сталевий лист	0,0006	58	0,00001
	2. Плита IPN	-	0,02	-
	3. Сталевий лист	0,0006	58	0,00001
			Разом:	0,00002
Внутрішня стіна	1. Сталевий лист	0,0006	58	0,00001
	2. Плита IPN	-	0,02	-
	3. Сталевий лист	0,0006	58	0,00001
			Разом:	0,00002

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня стінка.

Вихідні дані занесені до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Місто Львів				
Середньорічна температура	Літня		Зимова	
	Температура t, °С	Відносна вологість φ, %	Температура t, °С	Відносна вологість φ, %
7,5	29	58	-19	80

Для середньорічної температури приймаю нормативний коефіцієнт теплопередачі  $k_0 = 0,64 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Приймаю коефіцієнти тепловіддачі для зовнішньої та внутрішньої стінки відповідно 23 та 11(Вт/(м<sup>2</sup>·К). Внутрішня поверхня стін, підлоги та стелі з посиленою циркуляції повітря (повітроохолоджувачі в камері охолодження).

Необхідна товщина теплоізоляційного слою:

$$\delta_{iz} = 0,02 \left[ \frac{1}{0,64} - \left( \frac{1}{23} + \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{58} \cdot 2 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,027 \text{ м}$$

Приймаю встановлення теплоізоляційного прошарку огорожі стандартною товщиною 200 мм. Визначаю дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{11} + \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{58} + \frac{1}{23} + \frac{0,2}{0,02}} = 0,099 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для інших конструкцій огорожі занесено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Назва огорожі	$\alpha_{зов}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$\alpha_{вн}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$k_0, \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$R_i, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$\lambda_i, \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	$\delta_{iz}, \text{ м}$	$\delta_{iz}^{пр}, \text{ м}$	$k_d, \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$
Покриття	23	11	0,52	0,00002	0,02	0,036	0,2	0,099
Внутрішня стінка 21/18	11	8	0,64	0,00002	0,02	0,027	0,2	0,099

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

## 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Тепловий розрахунок камер холодильника, на підставі якого визначена необхідна продуктивність холодильної установки і обрано камерне обладнання проведено у відповідності з рекомендаціями.

В загальному випадку кількість теплоти, яку необхідно відвести для підтримання заданої температури в охолоджуваному приміщенні складається з:

- Через огорожувальні конструкції приміщення  $Q_1$ ;
- Від продукції  $Q_2$ ;
- Від вентиляції приміщення  $Q_3$
- Від різноманітних джерел при експлуатації камер  $Q_4$  з урахуванням технології зберігання.
- Від «дихання» продуктів рослинного походження  $Q_5$

Розрахунок проводжу для літнього та зимового періоду. Оскільки камера має плюсову температуру протягом усього року, необхідно досконало оцінити кількість тепла, що треба відвести влітку та надати взимку.

Зимовий період.

### Тепловтрати через конструкції огорож:

$$Q_1 = k_d \cdot F \cdot \Delta t, \text{ Вт}; \quad 6,1$$

де  $k_d$  – дійсний коефіцієнт теплопередачі огорожі з розрахунків товщини ізоляційного шару, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F$  – розрахункова площа поверхні огорожі, м<sup>2</sup>;  $\Delta t$  – різниця температур між зовнішнім та охолоджуваним середовищем.

Температура зовнішнього середовища приймаю -19<sup>0</sup>С.

Розрахунок площі огорожі проводиться по осям огорож, тому розрахункова довжина збільшується на товщину огорожі.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

1. Розрахунок втрат тепла через північну та південну огорожувальні конструкції:

$$Q_1 = (0,099 \cdot 81 \cdot 9 \cdot (-19 - 18)) \cdot 2 = -2670 \text{ Вт};$$

2. Розрахунок втрат тепла через східну огорожувальну конструкцію:

$$Q_1 = (0,099 \cdot 792 \cdot (-19 - 18)) \cdot = -2901 \text{ Вт};$$

3. Розрахунок втрат тепла через західну огорожувальну конструкцію з урахуванням розміщення біля неї машинного відділення:

$$Q_1 = (0,099 \cdot 696 \cdot (-19 - 18)) = -2549 \text{ Вт};$$

4. Розрахунок теплових втрат через підлогу. Підлога без ізоляції. Втрати визначаю як суму втрат через умовні зони шириною 2 м.

Розрахунок втрат через кожну зону внесено до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

№ Зони	F, м <sup>2</sup>	к <sub>д</sub> , Вт/м <sup>2</sup> К	Δt, °С	Q <sub>1</sub> , Вт
1	564	0,47	-37	-9808
2	516	0,23	-37	-4391
3	484	0,12	-37	-2149
4	3312	0,07	-37	-8578

5. Втрати теплоти через покрівлю.

Площа стелі становить 4884,4 м<sup>2</sup>.

$$Q_1 = (0,099 \cdot 4884,4 \cdot (-19 - 18)) = -17900 \text{ Вт};$$

**Теплові втрати на догрів продукції.**

$$Q_2 = Q_{2\text{ван}} + Q_{2\text{тар}}, \text{ Вт}; \quad 6.2$$

де  $Q_{2\text{ван}}$  - тепло надходження від холодильної обробки продуктів, Вт;  $Q_{2\text{тар}}$

- тепло надходження від холодильної обробки тари, Вт.

Витрата тепла на догрівання продукції:

$$Q_{2\text{ван}} = M_{\text{пр}} \cdot \Delta h \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт}; \quad 6.3$$

$$Q_{2\text{ван}} = 200 \cdot (580,5 - 602,7) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = -50,9 \text{ кВт};$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ					

де  $M_{\text{ю}}$  - добове надходження продуктів, прийняте 200 т/добу.  $\Delta h$  - різниця питомих ентальпій за початкової та кінцевої температур, кДж/кг. Приймаю, що взимку продукція надходить з температурою на 2 °С нижчою від температури камери зберігання.  $\tau$  – час холодильної обробки, год.

Теплонадходження від холодильної обробки тари

$$Q_{2\text{тар}} = M_m \cdot c_m \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{кВт}. \quad 6.4$$

$$Q_{2\text{тар}} = 20 \cdot 2,3 \cdot (16 - 18) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 1,06 \text{кВт}$$

- де  $M_T$  – добове надходження тари, т/доб [2]:

$$M_T = 0,1 \cdot M_{\text{пр}}, \text{т}.$$

$c_T$  – питома теплоємність (картонної або дерев'яної) тари, кДж/(кг·К) [2]:

$$c_T = 2,3 \text{кДж/(кг·К)}.$$

**Теплові втрати від вентиляції приміщення складу:**

$$Q_3 = M_{\text{ВП}} \cdot (h_3 - h_{\text{кам}}), \text{кВт}; \quad 6.5$$

$$Q_3 = \frac{n \cdot V_{\text{ВП}} \cdot \rho}{3600} \cdot (h_3 - h_{\text{кам}}) = \frac{8 \cdot 20 \cdot 1,385}{3600} \cdot (-13 - 51) = -4 \text{кВт},$$

де  $M_{\text{ВП}}$  – масова витрата вентиляційного повітря, кг/с;  $V_{\text{ВП}}$  – об'ємна витрата повітря, приймаю 20 м<sup>3</sup>/год свіжого повітря на одного працюючого;  $\rho$  – густина припливного повітря при заданій температурі;  $n$  – кількість працюючих на зміні;  $h_3$  і  $h_{\text{кам}}$  – ентальпії відповідно припливного повітря та повітря в камері. Ентальпії визначаю згідно з параметрами повітря зимового періоду для заданого регіону за допомогою i-d діаграми. Діаграма - додаток А. Кількість працюючих електричних навантажувачів визначаю згідно [2]. Приймаю для 10 тис. тон коефіцієнт 1,6. Кількість електричних навантажувачів:

$$n = M \cdot 1,6 = 10 \cdot 1,6 = 16 \quad 6.6$$

Розрахунок проводиться на 1 тис. тон ємності складу. В одну добу одночасно працюють 8 навантажувачів, відповідно 8 працюючих.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ					

### Експлуатаційні теплонадходження:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad 6.7$$

де  $q_1$  - теплонадходження від людей, що перебувають у камері, Вт;  $q_2$  - теплонадходження від відкриття дверей, Вт;  $q_3$  - теплонадходження від освітлення, Вт;  $q_4$  - теплонадходження від електродвигунів, Вт.

$$q_1 = 350 \cdot n, \text{ Вт}; \quad 6.8$$

$$q_1 = 350 \cdot 8 = 2800 \text{ Вт};$$

де кількість працюючих  $n = 8$ , час роботи 15 год.

$$q_2 = B \cdot F, \text{ Вт}; \quad 6.9$$

$$q_2 = 8 \cdot 81 \cdot 60 = -38800 \text{ Вт};$$

де,  $B$  – питома надходження тепла від відкривання дверей,  $F$  – площа камери.  $B$  приймаю згідно [2].

$$q_3 = A \cdot F, \text{ Вт}; \quad 6.10$$

$$q_3 = 3 \cdot 81 \cdot 60 = 14600 \text{ Вт},$$

де  $A$  – кількість тепла від освітлення в одиницю часу на  $\text{м}^2$  площі підлоги. Приймаю згідно [2].

$$q_4 = 1000 \cdot N_e \cdot \eta_e, \text{ Вт}; \quad 6.11$$

$$q_4 = 1000 \cdot (N_{\text{стел}} + N_{\Phi} + N_{\text{ЕН}}), \text{ Вт};$$

$$q_4 = 1000 \cdot (2,2 + 25) = 27200 \text{ Вт},$$

де  $N_{\text{стел}}$ ,  $N_{\Phi}$ ,  $N_{\text{ЕН}}$  – електричні потужності відповідно електродвигунів вентиляторів фанкойлів та двигунів електричних навантажувачів.  $N_{\text{стел}}$  приймаю згідно [2],  $N_{\Phi}$  розраховую з урахуванням потужності одного вентилятора – 110 Вт, 20 вентиляторних конвекторів. Сумарну потужність електричних навантажувачів визначаю з урахуванням кількості робочого часу на добу – 15 год, 8 навантажувачів. Потужність однієї кари – 5 кВт:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

$$N_{EH} = \frac{80 \cdot 15}{24} = 25 \text{ кВт};$$

6.12

Для зимового періоду враховую тільки втрати тепла через відкривання дверей. Теплонадходження від сонячної радіації не враховую, оскільки розрахунок проводжу для найскладніших умов. Розрахункові дані теплонадходжень у літній та втрат у зимовий період роботи занесено до таблиць 6.2, 6.3, 6.4:

Таблиця 6.2.

Назва огорожі	Напрямок	кд, Вт/м <sup>2</sup> ·К	F, м <sup>2</sup>	Літо			
				Δt <sub>т</sub> , °C	Δt <sub>с</sub> , °C	θ, °C	Q <sub>1</sub> , Вт
Покриття	-	0,099	4884	11	14,9	25,9	12523,1
Підлога	-	0,47	564	11	0	11,0	2915,9
Підлога	-	0,23	516	11	0	11,0	1305,5
Підлога	-	0,12	484	11	0	11,0	638,9
Підлога	-	0,07	3312	11	0	11,0	2550,2
Внутр. Стіна х 6	-	0,099	1458	5	0	5,0	721,7
Огорожа	Пн	0,099	729	11	0	11,0	793,9
Огорожа	Пд	0,099	729	11	3,1	14,1	1017,6
Огорожа	Зх	0,099	696	11	4,7	15,7	1081,8
Огорожа	Сх	0,099	792	11	3,9	14,9	1168,3
						<b>Разом</b>	24716,8
				Зима			
Покриття	Пн	0,099	2442	-37	0	-37,0	-8945,8
Покриття	Пд	0,099	2442	-37	0	-37,0	-8945,8
Підлога	-	0,47	564	-37	0	-37,0	-9808,0
Підлога	-	0,23	516	-37	0	-37,0	-4391,2
Підлога	-	0,12	484	-37	0	-37,0	-2149,0
Підлога	-	0,07	3312	-37	0	-37,0	-8578,1
Внутр. Стіна х 6	-	0,099	1458	3	0	3,0	433,0
Огорожа	Пн	0,099	729	-37	0	-37,0	-2670,3
Огорожа	Пд	0,099	729	-37	0	-37,0	-2670,3
Огорожа	Зх	0,099	696	-37	0	-37,0	-2549,4
Огорожа	Сх	0,099	792	-37	0	-37,0	-2901,1
						<b>Разом</b>	-53175,9

Таблиця 6.3.

Назва камери	n	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$M_{зоб}$ , кг/с	$h_{зоб}$ , кДж/кг	$h_{вн}$ , кДж/кг	$Q_3$ , Вт
<b>Зима</b>						
Камера зберігання шоколадних батончиків	8	1,39	0,008	-18	51	-4247,33
<b>Літо</b>						
Камера зберігання шоколадних батончиків	8	1,17	0,006	64	51	84,14

Таблиця 6.4.

<b>Теплопритоки від продукції</b>										
Назва камери	$M_{пр}$ , т/доба	$h_k$ , кДж/кг	$h_{п}$ , кДж/кг	$\Delta h$ , кДж/кг	$Q_{2пр}$ , Вт	$\Delta t$ , °C	$c_p$ , кДж/(кг·K)	$M_t$ , т/доба	$Q_{2т}$ , Вт	$Q_2$ , Вт
<b>Літо</b>										
Камера зберігання шоколадних батончиків	200	602.4	624.3	21.9	50694	2	2.3	30	1597.2	52292
<b>Зима</b>										
Камера зберігання шоколадних батончиків	200	602.4	572.7	-29.7	-68750	-2	2.3	30	-1597	-70347
<b>Експлуатаційні теплопритоки</b>										
Назва камери	n	$q_1$ , Вт	$K$ , Вт/м <sup>2</sup>	$F$ , м <sup>2</sup>	$q_2$ , Вт	$A$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q_3$ , Вт	Неп, Вт	$q_4$ , Вт	$Q_4$ , Вт
Камера зберігання охолоджених яблук	8	2800	8	4860	38880	3	14580	27200	27200	83460

Арк.

00 КР 142.008.005.2022.ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

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

При розрахунку навантаження враховано, що навантаження на камерне обладнання складає 100% для всіх видів теплонадходжень, а навантаження на компресор  $Q_1$ -80%,  $Q_2$ -100%,  $Q_3$ -100%,  $Q_4$ -70%, згідно [2]. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор таблиця 8:

Таблиця 7.1.

Назва камери	Q <sub>1</sub> , Вт		Q <sub>2</sub> , Вт	Q <sub>3</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , Вт		Q <sub>5</sub> , Вт	ΣQ, Вт	
	(КО)	(КМ)			(КО)	(КМ)		(КО)	(КМ)
Температура в камері +18 0С									
Склад зберігання шоколадних батончиків	53175,9	42541	70000	4247	38800	27160	0	166222,9	143948

Навантаження на компресор з урахуванням 22 годин роботи (найбільше навантаження):

$$Q_K = \sum Q_{KM} \cdot \frac{k}{0,9}, \text{Вт}; \quad 7.1$$

де k для камер з охолодженням проміжним теплоносієм  $k=1,12$ ; 0,9 – це коефіцієнт робочого часу для компресорів крупних холодильників.

$$Q_K = \sum 143948 \cdot \frac{1,12}{0,9} = 179691 \text{Вт} = 180 \text{кВт}.$$

## 8. Вибір структури системи тепло-холодопостачання та типу холодильної установки.

Структуру системи тепло-холодозабезпечення приймаю централізовану, на базі теплового насосу. Первинним джерелом являється ємність, наповнена водою. В ємності прокладено змієвик з поліетиленових труб. Основний принцип одержання тепла низького потенціалу – фазовий перехід, кристалізація води на трубі. Кількість льоду, утворена в ємності після опалювального сезону дозволяє використовувати пасивне охолодження приміщення.

В якості камерного обладнання приймаю встановлення вентиляторних конвекторів.

Система циркуляції холодоносія – замкнута. В якості холодоносія приймаю пропилен гліколь.

Схема роботи холодильної установки – одноступеневий цикл з економайзером. З урахуванням великого перепаду тисків між кипінням та конденсацією встановлення економайзера дозволить збільшити питому холодопродуктивність установки. Збільшиться дійсний коефіцієнт трансформації COP.

Охолодження конденсатора водяне. Вода, яка охолоджує конденсатор застосовується для теплопостачання логістичного складу.

Випарник та конденсатор холодильної машини приймаю пластинчасті, оскільки вони мають невелику кількість холодильного агенту, порівняно малі габарити та достатньо великі коефіцієнти теплопередачі.

В якості камерного обладнання встановлюю вентиляторні конвектори – фанкойл.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. Визначення розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

### Температура кипіння:

$$t_0 = t_s - (4 \div 6)^\circ C \quad 9.1$$

де  $t_0$  – прийнята температура кипіння,  $t_s$  – середня температура проміжного холодоносія в приладах охолодження (змієвик з поліетиленових труб).

Температуру води в ємності приймаю на рівні  $2^\circ C$ . Температура гліколю на виході зі зм'євика буде:

$$t_{s2} = t_B - (6 - 8)^\circ C \quad 9.2$$

$$t_{s2} = 2 - 8 = -6^\circ C$$

Приймаю зростання температури при проходженні крізь зм'євик на  $2^\circ C$ .

$$t_{s1} = t_{s2} - (2 - 4)^\circ C \quad 9.3$$

$$t_{s1} = -6 - 2 = -8^\circ C$$

Середня температура проміжного носія у зм'євику:

$$t_s = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2}, ^\circ C \quad 9.4$$

$$t_s = \frac{-6 - 8}{2} = -7^\circ C$$

$$t_0 = -7 - 6 = -13^\circ C$$

Приймаю температуру кипіння  $-15^\circ C$ .

### Температура конденсації:

$$t_k = t_{e1} + \Delta t_g + (2 \div 4)^\circ C, \quad 9.5$$

де  $t_{e1}$  – температура води на вході у конденсатор,  $^\circ C$ ;  $\Delta t_g$  – нагрів води у конденсаторі,  $^\circ C$ .  $\Delta t_g$  приймаю  $2 \dots 3^\circ C$  для пластинчатих конденсаторів.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура конденсації приймається на 2...4 °С вище, ніж охолоджуюча вода на виході з конденсатора.

$$t_k = 45 + 3 + 2 = 50^\circ C ,$$

**Температура всмоктування:**

$$t_{BC} = t_0 + (5 \div 10)^\circ C$$

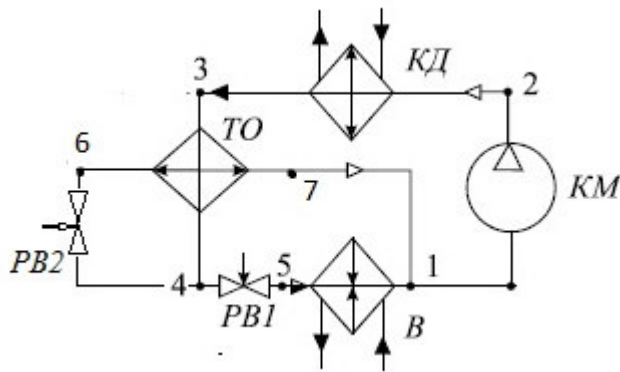
9.6

$$t_{BC} = -15 + 5 = -10^\circ C ,$$

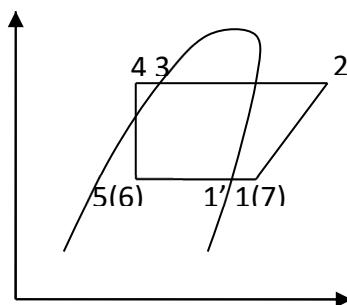
**Температура переохолодження:**

Переохолодження у конденсаторі приймаю 4°С [2, с. 71].

**Побудова циклу холодильної машини:**



**Рис. 9.1. Схема холодильної машини**



Параметри характерних точок зводжу до таблиці 9.1.

Цикл роботи теплового насосу додаток Б.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Параметри характерних точок циклу

Параметр и	1'	1	2	3'	3	4	5	6	7'	7
P, МПа	0,48	0,48	3	3	3	3	0,48	0,48	0,48	0,48
t, °C	-15	-10	90	50	46	-11	-15	-15	-15	-10
h, кДж/кг	420	425	480	290	285	185	185	185	420	425
v, м <sup>3</sup> /кг	0,054	0,057	0,01	0,001	0,001	-	0,002	0,002	0,054	0,057

**Розрахунок холодильної машини:**

Питома холодопродуктивність

$$q_0 = h_1 - h_5, \text{кДж} / \text{кг}$$

$$q_0 = 425 - 185 = 240 \text{кДж} / \text{кг};$$

Необхідна теплота конденсації:

$$Q_K = 180 \text{кВт};$$

Питома теплота конденсації:

$$q_k = h_2 - h_3, \text{кДж} / \text{кг}$$

$$q_k = 480 - 285 = 195 \text{кДж} / \text{кг};$$

Масова витрата холодильного агенту:

$$M = \frac{Q_K}{q_k}, \text{кг} / \text{с}$$

$$M = \frac{180}{195} = 0,92 \text{кг} / \text{с};$$

$$M = M_1 + M_2,$$

де  $M_1$  – масова витрата через випарник теплового насосу;  $M_2$  – масова витрата через економайзер.

Для знаходження масової витрати через економайзер складаю масовий баланс:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$Q_0 = M_{1Д} \cdot q_0, \text{кВт}$$

$$Q_0 = 0,75 \cdot 240 = 180 \text{кВт};$$

Питома робота стискання:

$$l_{ad} = h_2 - h_1, \text{кДж / кг}$$

$$l_{ad} = 480 - 425 = 55 \text{кДж / кг},$$

Теоретична потужність стискання:

$$N_{ad} = M_{Д} \cdot l_{ad}, \text{кВт}$$

$$N_{ad} = 1,14 \cdot 55 = 62,7 \text{кВт};$$

Визначаю індикаторний ККД спірального компресора за допомогою діаграмою Copeland 'Isentropic efficiency(IE)' (додаток Д). Визначаю параметр IE:

$$IE = 0,7$$

Загальна формула для IE має вигляд:

$$IE = \frac{\text{Ideal \_ Isentropic \_ Compression \_ Power, кВт}}{\text{Electrical \_ Power \_ input, кВт}} \quad 9.7$$

де чисельник - це адіабатна потужність, а знаменник електрична потужність електродвигуна компресора.

$$IE = \eta_i \cdot \eta_{MECH} \cdot \eta_{EL}; \quad 9.8$$

Визначаю індикаторний ККД:

$$\eta_i = \frac{IE}{\eta_{Mech} \cdot \eta_{el}}; \quad 9.9$$

$$\eta_{Mech} = \frac{N_i}{N_e} = \frac{N_i}{N_i + N_{Tp}};$$

де  $N_e$  – ефективну потужність заміняю як суму потужності індикаторної та потужності тертя.

Потужність тертя:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{Tp} = p_{Tp} \cdot V, \text{кВт} \quad 9.10$$

$$N_{Tp} = 0,07 \cdot 0,049 = 0,00343 \cdot 10^6 = 3430 \text{Вт} = 3,67 \text{кВт}.$$

Тиск тертя приймаю 0,07 МПа.

Піднесемо рівняння для механічного ККД в степінь -1:

$$\frac{1}{\eta_{MEH}} = \frac{N_{Tp}}{N_i} + 1 = \frac{N_{Tp} \cdot \eta_i}{N_{a\partial}} + 1; \quad 9.11$$

Виражаю з цього рівняння індикаторний ККД:

$$\eta_i = \frac{IE \cdot \left( \frac{N_{Tp} \cdot \eta_i}{N_{a\partial}} + 1 \right)}{\eta_{EЛ}} = \frac{IE \cdot \frac{N_{Tp} \cdot \eta_i}{N_{a\partial}}}{\eta_{EЛ}} + \frac{IE}{\eta_{EЛ}}; \quad 9.12$$

$$\eta_i = \frac{IE}{\eta_{EЛ} \cdot \left( 1 - \frac{IE \cdot \frac{N_{Tp}}{N_{a\partial}}}{\eta_{EЛ}} \right)};$$

Для визначення індикаторного ККД приймаю коефіцієнт корисної дії електродвигуна  $\eta_{ел} = 0,88$ :

$$\eta_i = \frac{0,75}{0,88 \cdot \left( 1 - \frac{0,75 \cdot \frac{3,67}{62,7}}{0,88} \right)} = 0,9 = 90\% \quad 9.13$$

Визначаю індикаторну потужність:

$$N_i = \frac{N_{a\partial}}{\eta_i}, \text{кВт} \quad 9.14$$

$$N_i = \frac{62,7}{0,9} = 70 \text{кВт};$$

Визначаю дійсне навантаження на конденсатор:

$$Q_{KD} = Q_0 + N_i, \text{кВт} \quad 9.15$$

$$Q_{KD} = 180 + 70 = 250 \text{кВт};$$

Визначаю дійсну температуру кінця процесу стискання:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{2s} = \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} + h_1, \text{кДж / кг} \quad 9.16$$

$$h_{2s} = \frac{480 - 425}{0,9} + 425 = 486 \text{кДж / кг};$$

Даній ентальпії відповідає температура кінця стискання 95°C.

Визначаю коефіцієнт трансформації при заданому режимі роботи теплового насосу:

$$COP = \frac{Q_{кд}}{N_i} = \frac{250}{70} = 3,57 \quad 9.18$$

Дійсний коефіцієнт трансформації відповідає умовам ефективного використання теплових насосів  $COP \geq 2,4$ .

Ефективна потужність компресорів:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{мех}} = \frac{70}{0,9} = 78 \text{кВт}, \quad 9.17$$

де ефективний механічний ККД приймаю 0,9.

Електрична потужність:

$$N_{ел} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{78}{0,9} = 87 \text{кВт}, \quad 9.14$$

де ККД електродвигунів приймаю 0,9.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10. Вибір теплообмінного обладнання

### Вибір конденсатора

Теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{кд} = Q_0 + N_i, кВт, \quad 10.1$$

де  $N_i$  – індикаторна потужність компресорів (визначено у розділі 9).

$$Q_{кд} = 180 + 70 = 250 кВт;$$

Встановлюю пластинчатий теплообмінний апарат. Фірма-виробник – SWEP. Для підбору використовую спеціалізоване програмне забезпечення. При тепловому навантаженні  $5,8 \text{ кВт/м}^2$ , необхідна площа теплообміну:

$$F = \frac{Q_{кд}}{k \cdot \Delta t_{ln}} = \frac{250}{5,8} = 43,1 \text{ м}^2, \quad 10.2$$

де  $\Delta t_{ln}$  – середньо-логіфічний температурний напір.

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{\ln \frac{t_K - t_{e1}}{t_K - t_{e2}}} = \frac{48 - 45}{\ln \frac{52 - 45}{52 - 48}} = 5,36^\circ \text{C}; \quad 10.3$$

Обираю пластинчатий конденсатор серії В80-NHP. Кількість пластин – 120. Площа поверхні теплообміну однієї пластини –  $0,295 \text{ м}^2$ , що задовольняє розрахунок. Товщина пакету пластин:

$$\delta_{шт} = 4 + (2,24 \cdot NoP) = 4 + (2,24 \cdot 122) = 274 \text{ мм} \quad 10.4$$

де NoP – кількість пластин.

Відповідна технічна документація – додаток Е.

### Вибір випарника

Теплове навантаження на випарник з температурою кипіння  $-15^\circ \text{C}$ :

$$Q_0 = 180 кВт;$$

Середньо-логіфічний температурний напір:

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{\ln \frac{t_{s1} - t_0}{t_{s2} - t_0}} = \frac{-8 - (-6)}{\ln \frac{-8 - (-15)}{-6 - (-15)}} = 7,95^\circ \text{C};$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

Встановлюю пластинчатий теплообмінний апарат. Фірма-виробник – SWEP.

Для підбору використовую спеціалізоване програмне забезпечення. При тепловому навантаженні 7,81 кВт/м<sup>2</sup>, необхідна площа теплообміну:

$$F = \frac{Q_0}{k \cdot \Delta t_{in}} = \frac{180}{7,81} = 23 \text{ м}^2,$$

Вирішую встановити випарник пластинчатого типу серії P80AS. Кількість пластин – 98. Площа поверхні теплообміну однієї пластини – 0,234 м<sup>2</sup>, що задовольняє розрахунок. Товщина пакету пластин:

$$\delta_{III} = 4 + (2,25 \cdot NoP) = 4 + (2,25 \cdot 98) = 224,5 \text{ мм}$$

Відповідна технічна документація – додаток Е.

### **Вибір економайзера**

Температуру кипіння у економайзері приймаю -15 °С. Дійсна холодопродуктивність економайзера:

$$Q_e = q_0 \cdot M_2, \text{ кВт} \quad 10.5$$

$$Q_e = 240 \cdot 0,39 = 94 \text{ кВт};$$

Для вибору економайзера використовую спеціалізоване програмне забезпечення фірми SWEP. Приймаю встановлення пластинчатого теплообмінного апарату SWEP P80AS. Кількість пластин – 58. Загальна площа теплообміну – 3,36 м<sup>2</sup>. Поверхня теплообміну однієї пластини – 0,057 м<sup>2</sup>. Товщина пакету пластин:

$$\delta_{III} = 4 + (2,25 \cdot NoP) = 4 + (2,25 \cdot 58) = 134,5 \text{ м}$$

Відповідна технічна документація – додаток Е.

### **Вибір проміжного теплообмінника для охолодження води в баку-акумуляторі**

Приймаю температуру води в баку-акумуляторі 12 °С. Температура води, яку треба подати на вентиляторний конвектор 7 °С. Визначаю теплове навантаження на однофазний теплообмінник:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{III} = G_B \cdot c_B (t_2 - t_1) = 2,6 \cdot 4,189 \cdot (12 - 7) = 54 \text{ кВт.} \quad 10.6$$

Приймаю встановлення пластинчатого теплообмінного апарату. Для підбору використовую спеціалізоване програмне забезпечення фірми Danfoss – Нехаст. Вирішую встановити однофазний пластинчатий теплообмінник типу D118-48. Кількість пластин – 48. Загальна площа теплообміну – 4,6 м<sup>2</sup>. Товщина пакету пластин – 95 мм.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





## 12. Вибір допоміжного обладнання

### Вибір лінійного ресивера

Вибір лінійного ресивера проводжу з урахуванням об'єму випарника. Згідно додаток №, сумарний об'єм каналів  $V_K$  зі сторони холодильного агенту складає  $4,8 \text{ дм}^3 - 4,8 \text{ л}$ . Приймаю об'єм ресивера як 50% від об'єму випарника із запасом у 20%:

$$V_p = (0,5 \cdot V_K) \cdot 1,2 = (0,5 \cdot 4,8) \cdot 1,2 = 3 \text{ л}, \quad 12.1$$

Вирішую встановити горизонтальний ресивер фірми Весool. Модель ВС-RLH 16. Корисний об'єм для холодильного агенту – 16 л. Технічні дані – таблиця 12.1.

Таблиця 12.1.

Модель	Об'єм, л	К-сть см. скелець	Габаритні розміри				Зап. клапан
			Довжина, мм	Діаметр, мм	Висота, мм	Вх/Вих, Rotalock	
ВС-RLH 16	16,0	1	935	159	200	1"	1/2"NPT

### Вибір мастиловіддільників

Вирішую встановити 4 окремих мастиловіддільники на кожний компресор. Підбір виконую по холодопродуктивності, яку забезпечує один компресор. Для мастиловіддільників фірми Castel поправний коефіцієнт  $k$  при заданих  $t_k$  і  $t_0$  буде рівним 1,01. Номінальна холодопродуктивність:

$$Q_n = Q_{1KM} \cdot k = 45 \cdot 1,01 = 45,5 \text{ кВт}, \quad 12.2$$

де  $Q_{1KM}$  – холодопродуктивність одного компресора.

Приймаю встановлення чотирьох мастиловіддільників типу 5520/E. Відповідна технічна документація – додаток. Повернення мастила у компресори буде безпосередньо з мастиловіддільників. Контроль подачі мастила забезпечує електронний регулятор рівня, встановлений на кожному компресорі. Тип регулятора - Трах oil OM3. Фірма-виробник – 'Emerson Alco control'. Відповідна документація додаток Ж.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

### **Вибір електронного розширювального вентиля**

#### **Основний потік холодильного агента ( $Q_0 = 180$ кВт)**

Вибір електронного розширювального вентиля проводжу у спеціалізованому програмному забезпеченні фірми Danfoss. Приймаю встановлення електронного ТРВ типу ETS 50. Максимальна холодопродуктивність – 309 кВт. Запас холодопродуктивності не перевищує 45%, що задовольняє умовам підбору. Відповідна технічна документація – додаток З.

#### **Потік живлення економайзера ( $Q_0 = 94$ кВт)**

Вибір електронного розширювального вентиля проводжу у спеціалізованому програмному забезпеченні фірми Danfoss. Приймаю встановлення електронного ТРВ типу ETS 25. Максимальна холодопродуктивність – 197 кВт. Запас холодопродуктивності складає 50%, що несуттєво вплине на роботи машини. Відповідна технічна документація – додаток З.

### **Вибір соленоїдного вентиля**

Вибір електромагнітного вентиля проводжу у спеціалізованому програмному забезпеченні фірми Danfoss. Приймаю встановлення соленоїдного вентиля типу АКВА 20-3. Відповідна технічна документація – додаток К.

### **Фільтр-осушник**

Вибір фільтра-осушника проводжу у спеціалізованому програмному забезпеченні фірми Danfoss. Приймаю встановлення фільтра типу DCR моделі 04811-DC зі змінною фільтруючою насадкою. Насадка на 80% складається з матеріалу типу «молекулярне сито», на 20% з оксид активованого алюмінію. Відповідна технічна документація – додаток К.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вибір бака-акумулятора

За рекомендаціями [3] приймаю необхідну кількість води на 1 кВт теплової потужності – 30 л. Сумарний об'єм води:

$$V = 166 \cdot 30 = 4980 \text{ л.} \qquad 12.3$$

Обираю бак-акумулятор фірми Opeks Energy systems типу AR/N 800+5000. Корисний об'єм для води – 5400 л. Ємність спеціально призначена для роботи з вентиляторними конвекторами для зберігання холодної води теплий період і системах з тепловим насосом. Оснащена антиконденсатною гнучкою ізоляцією. Зовнішнє покриття з полівінілхлориду. Укомплектована ізотермічною кришкою.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

#### 13.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів для пропілен гліколю

Діаметри труб змієвиків у ємності було прийнято у розділі 2. Визначаю діаметр нагнітального колектору:

$$d_{\text{ен}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\omega \cdot \pi \cdot \rho}}, \text{ м} \quad 13.1$$

де  $\omega$  – швидкість руху проміжного теплоносія на лінії нагнітання. Приймаю 1 м/с;  $\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;  $M$  – масова витрата гліколю, кг/с.

$$d_{\text{ен}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25,5}{1,3,14 \cdot 1052,4}} = 0,176 \text{ м}$$

Приймаю стандартну трубу ПЕ 200x11,9 мм. Внутрішній діаметр труби – 176,2 мм. Дійсна швидкість – 1 м/с.

Оскільки встановлено 2 змієвики, масова витрата на кожний буде рівна половині від загальної. Визначаю діаметр живильного колектора одного змієвика:

$$d_{\text{ен}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,25}{1,3,14 \cdot 1052,4}} = 0,122 \text{ м}$$

Приймаю стандартну трубу ПЕ 140x8,3 мм. Внутрішній діаметр труби – 123,4 мм. Дійсна швидкість – 0,97 м/с.

Діаметр вивідного колектора одного змієвика. Швидкість на лінії всмоктування приймаю 1 м/с:

$$d_{\text{ен}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,25}{1,3,14 \cdot 1052,4}} = 0,122 \text{ м}$$

приймаю трубу ПЕ 140x8,3 мм. Внутрішній діаметр труби – 123,4 мм. Дійсна швидкість – 0,97 м/с.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр загального вивідного колектора:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25,5}{0,8 \cdot 3,14 \cdot 1052,4}} = 0,196 \text{ м}$$

приймаю трубу ПЕ 225x13,4 мм. Внутрішній діаметр труби – 198,2 мм.  
Дійсна швидкість – 0,78 м/с.

Швидкість руху теплоносія приймаю згідно рекомендацій [2].

### Гідравлічний розрахунок

Ділянка №1: Трубопровід діаметром 176,2 мм. Загальна протяжність – 10,2 м. Місцеві опори – 1 вентиль, 1 коліно.

Визначаю втрати тиску на тертя:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{\xi_{\text{тр}} \cdot \rho \cdot \omega^2}{d_{\text{вн}}} \cdot L, \text{ Па} \quad 13.2$$

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{0,055}{0,1762} \cdot \frac{1052,4 \cdot 1^2}{2} \cdot 10,2 = 1672,4 \text{ Па};$$

де  $\xi_{\text{тр}}$  – коефіцієнт тертя.

$$\xi_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right) = 0,11 \cdot \left( \frac{0,01}{0,1762} + \frac{64}{12068,5} \right) = 0,055 \quad 13.3$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}}}{\nu} = \frac{1 \cdot 0,1762}{14,6 \cdot 10^{-6}} = 12068,5$$

де  $k$  – шорсткість труби. Для поліетиленових труб приймаю  $k = 0,01$  мм.

Для визначення втрати тиску при проходженні через місцеві опори задаюся коефіцієнтами  $\xi_{\text{м}}$  – згідно [2]. Для вентиля приймаю  $\xi_{\text{м}} = 10$ ; для коліна  $\xi_{\text{м}} = 1$ :

$$\Delta p_{\text{м}} = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}, \text{ Па} \quad 13.4$$

$$\Delta p_{\text{м}} = \sum (1+10) \cdot \frac{1052,4 \cdot 1^2}{2} = 5788 \text{ Па};$$

Сумарні втрати тиску на цій ділянці:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}}, \text{ Па} \quad 13.5$$

$$\Delta p = 5181,1 + 12629 = 17,8 \text{ кПа}$$

Контур розділений на ділянки:

- 1) Загальний нагнітальний колектор.
- 2) Живильний колектор одного змієвика.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.008.005.2022.ПЗ

- 3) Спираль змієвика.
- 4) Колектор для виведення теплоносія зі змієвика.
- 5) Загальний всмоктувальний колектор.

Розрахунок гідравлічних втрат на цих ділянках занесено до таблиці 13.1.

Таблиця 13.1.

№	M, кг/с	$\omega$ , м/с	d, м	L, м	Re	$\lambda_{тр}$	N	$\Delta p_{тр}$ , кПа	$\xi_M$	$\Delta p_M$ , кПа	$\Delta p$ , кПа
1	25,5	1	0,1762	10,2	7796,5	0,033	1	1,009	11	5,786	6,8
2	12,25	0,97	0,122	48	5236,3	0,037	1	7,134	29	14,4	21,5
3	0,72	0,73	0,0352	630	1137,0	0,054	1	269,7	26	7,3	276,4
4	12,25	0,97	0,122	35,8	5236,3	0,037	1	5,32	12	5,94	11,3
5	25,5	0,8	0,1982	21,6	7015,9	0,034	1	1,25	8,5	2,86	4,1
Разом:								283,9		36,2	320,1

Схема прокладення труб у ємність – рис.13.1

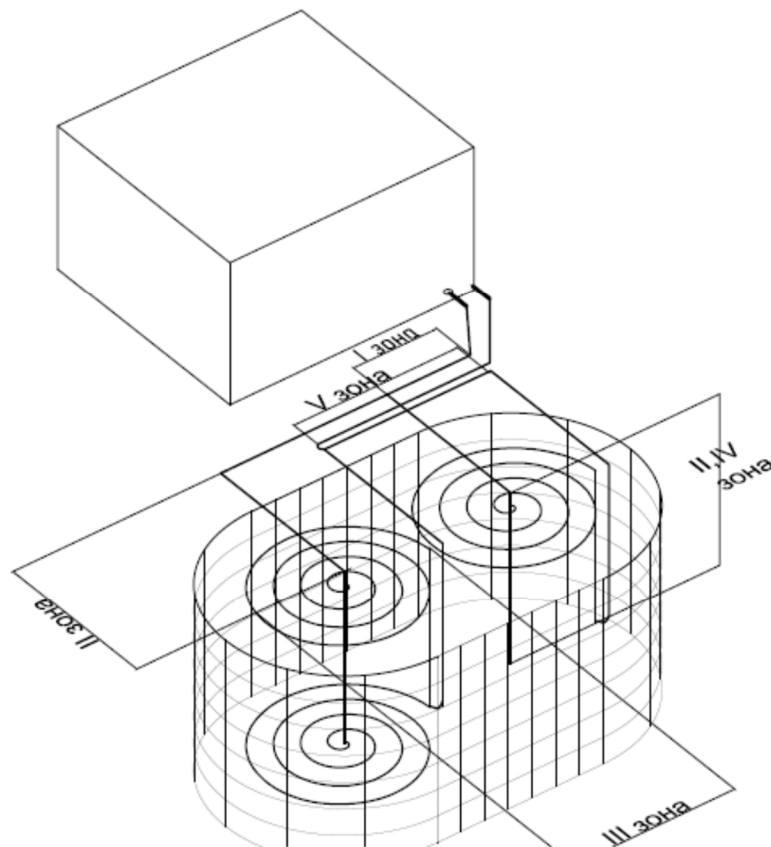


Рис. 13.1. Схема трубопроводу проміжного теплоносія.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **13.2 Розрахунок діаметрів фреонових трубопроводів**

Визначення діаметрів фреонових трубопроводів проводжу з використанням спеціалізованого програмного забезпечення фірми Danfoss.

#### **Всмоктувальний трубопровід**

Приймаю швидкість руху парів холодильного агенту – 10 м/с. Об'ємна витрата – 0,065 м<sup>3</sup>/с. Необхідний діаметр трубопроводу – 89 мм.

#### **Нагнітальний трубопровід**

Приймаю швидкість руху парів холодильного агенту – 15 м/с. Об'ємна витрата – 0,0171 м<sup>3</sup>/с. Необхідний діаметр трубопроводу – 35 мм.

#### **Потік рідини від конденсатора до ресивера**

Приймаю швидкість потоку рідкого холодильного агенту – 0,7 м/с. Об'ємна витрата – 0,0011 м<sup>3</sup>/с. Необхідний діаметр трубопроводу – 42 мм. Дійсна швидкість – 0,8 м/с.

#### **Потік рідини від ресивера до випарника**

Приймаю швидкість потоку рідкого холодильного агенту – 0,7 м/с. Масова витрата – 0,75 кг/с. Необхідний діаметр трубопроводу – 35 мм. Дійсна швидкість – 0,77 м/с.

#### **Потік рідини на економайзер**

Приймаю швидкість потоку рідкого холодильного агенту – 0,7 м/с. Масова витрата – 0,39 кг/с. Необхідний діаметр трубопроводу – 28 мм. Дійсна швидкість – 0,66 м/с.

Швидкість у фреонових трубопроводах приймаю згідно [2, с.151]

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 14. Вибір насосів

### Вибір насосу для перекачування проміжного теплоносія

Вибір насосу відбувається на підставі значень подачі та напору. Визначаю необхідний напір у метра водяного стовпа:

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{328,1 \cdot 10^3}{1052 \cdot 9,81} = 32,4 \text{ м}, \quad 14.1$$

де  $\Delta p$  – сумарні гідравлічні втрати у трубопроводах. Згідно додаток №, гідравлічні втрати при проходженні гліколю через пластинчатий випарник складають 60 кПа.

$$H' = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{60 \cdot 10^3}{1052 \cdot 9,81} = 5,8 \text{ м},$$

Сумарний напір для вибору насосу складає:

$$\sum H = H + H' = 32 + 5,8 = 37,8 \text{ м}.$$

Подача насосу:

$$V_r = \frac{G}{\rho} = \frac{25,5}{1052} \cdot 3600 = 87,2 \text{ м}^3 / \text{год} \quad 14.2$$

Необхідна потужність електроприводу насосу:

$$N = \frac{V_r \cdot H}{\eta_n \cdot 1000} = \frac{0,024 \cdot 37,8 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 1000} = 15,1 \text{ кВт}, \quad 14.3$$

Обираю встановлення одного насосу фірми Wilo типу BL 100/345-22/4. Загальна кількість насосів – 2. Передбачено один резервний. Напір, який створює один насос – 41,2 м. Потужність приводу – 18,8 кВт. Робоча лінія насосу – рис. 14.1. Відповідна технічна документація – додаток Л.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

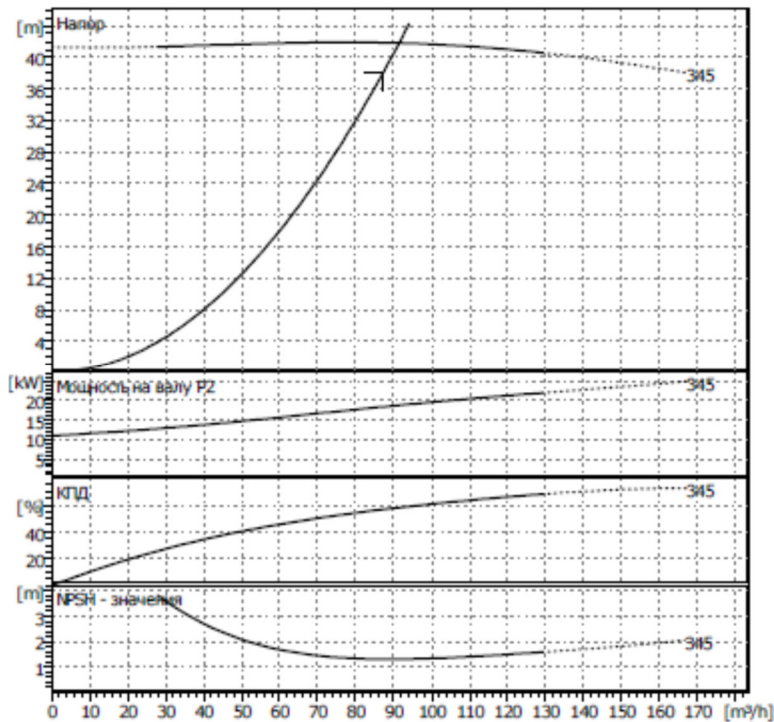


Рис. 14.1

### Вибір насосу для перекачування води

Визначаю подачу:

$$V_B = \frac{Q_{KO}}{c_o \cdot \rho_o \cdot \Delta t_o}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad 14.4$$

де витрата повітря на один фанкойл – 1,4 кг/с;  $\Delta t_{\text{п}} = 10^\circ \text{C}$  згідно таблиця 11.1; теплоємність і густина води прийняті для температури води  $t = 50^\circ \text{C}$ ;  $\Delta t_{\text{в}}$  – охолодження води приймаю  $15^\circ \text{C}$ .

Подача води на один фанкойл:

$$V = \frac{160}{4,174 \cdot 988,1 \cdot 15} = 0,0026 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Необхідна потужність електроприводу насосу:

$$N = \frac{V_o \cdot H}{\eta_n \cdot 1000} = \frac{0,0026 \cdot 20 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 1000} = 0,1 \text{ кВт},$$

де  $H$  – повний тиск, що створює насос, Па. Коефіцієнт корисної дії приймаю для малих насосів згідно [2].

Приймаю необхідний напір насосу 3 м.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## **15. Розрахунок техніко-економічних показників.**

### **Планова калькуляція собівартості одиниці холоду**

#### **15.1 Замовна специфікація на обладнання**

Замовна специфікація на обладнання складена за цінами фірм постачальників з врахуванням НДС і приведена у таблиці 15.1. Вартість упаковка та транспортування вказана окремо.

Вартість поставок обладнання із-за кордону та супроводжувальні витрати на отримання обладнання в Україні входять у вартість обладнання.

Вартість системи Ice Storage занесено до таблиці 15.2.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 15.1.

№ по схемі	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість та транспортування, тис. грн.	Кіл-сть, шт	Вартість, тис. грн.
1	Холодильні машини PSH077A4AKA	Danfoss	130,7	5	4	542,8
2	Конденсатор B80-NHPx120/IP	Swep	63,9	0,5	1	64,4
3	Випарник P80ASHx98/IP	Swep	53,2	0,5	1	53,7
4	Економайзер P80ASHx58/IP	Swep	30,9	0,5	1	31,4
5	Вентиляторний конвектор ФН-40	ТЕХАТОМ	14,8	2	20	336
6	Насос пропілен гліколь BL 100/345-22/4	Wilо	96	1	2	194
7	Насос водяний BL-E 40/110-1,5/2-R1	Wilо	97	1	4	392
8	Проміжний теплообмінник D118-48	Danfoss	23,6	0,5	1	24,1
9	Бак-акумулятор AR/N800+5000	Opex Energy Systems	133.4	10	1	143.4
10	Система трубопроводів, арматури, автоматизації та допоміжне обладнання	Danfoss, Becool, Castel	89,7	10	-	99,7

Разом вартість обладнання складає – 1881,5 тис. гривень з урахуванням НДС.

00 КР 142.008.005.2022.ПЗ

Арк.

Дата

Лішис

№ док.м.

Арк.

Змн.

Таблиця 15.2.

Назва обладнання	Ціна, тис. грн.	Кіл-сть	Вартість, тис. грн.
Підготовка улоговини	780	1	780
Встановлення опалубки	123	1	123
Труба ПЕ 40 х 2,4	756	21386 м	756
Заливка бетоном	30,9	500 м <sup>3</sup>	990
Кріплення для труб	780	20	780
		<b>Разом ( з НДС)</b>	<b>4114,8</b>

Арк.

00 КР 142.008.005.2022.ПЗ

№ док.м.

Лішис

Дата

Арк.

Змн.

## 15.2 Визначення кількості виробленого тепла і холоду

Таблиця 15.2

Річний баланс					
Зима					
	Q1	Q2	Q3	Q4	$\Sigma Q_z$
кВт	28,25	70	4	38,8	141
ГДж	439	1104	62,2	603,4	2200
Літо					
	Q1	Q2	Q3	Q4	$\Sigma Q_l$
кВт	24,7	52,6	0,67	83	160
ГДж	384	818	10,4	1291	2503

Сумарна кількість тепла:

$$\Sigma Q_z = 2200 \text{ ГДж} = 611111 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 15.2.1$$

Сумарна кількість холоду:

$$\Sigma Q_l = 2503 \text{ ГДж} = 695278 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad 15.2.2$$

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 15.3 Статті витрат

#### 15.3.1 Витрати на оплату електроенергії

Таблиця 15.3.1

№ п/п	Назва обладнання	Номіналь на потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год	Спожита електроенергія, кВт·год
1	Компресор теплового насосу	22	4	2700	237600
2	Вентиляторний конвектор	0,4	20	8030	64240
3	Насос водяний	1,5	1	8030	12045
4	Насос водяний	1,5	1	5400	8100
5	Насос проміжного теплоносія	22	1	5400	118800
				Разом	440785

Річна витрата електроенергії складає 440785 кВт·год. Станом на 1 червня 2017 року тариф на оплату електроенергії для промислових підприємств становить 1,94 грн/кВт·год.

Витрати на оплату електроенергії:

$$440785 \cdot 1,94 = 885,1 \text{ тис. грн} \quad 15.3.1$$

#### 15.3.2 Витрати на оплату води

#### 15.3.3 Витрати на поповнення системи холодильним агентом

Ці витрати знаходяться у прямій залежності від продуктивності компресорів. Норма витрати фреону на поповнення системи за рік складає 1 кг/кВт:

$$Q = Q_0 \cdot k = 180 \cdot 0,85 = 153 \text{ кг} \quad 15.3.5.1$$

Витрати на поповнення системи холодильним агентом, за умов вартості 250 грн./кг будуть складати:

$$B = 153 \cdot 1 \cdot 250 = 38,3 \text{ тис. грн} \quad 15.3.5.1$$

#### 15.3.4 Витрати на поповнення системи мастилом

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ				

Незважаючи на те, що після кожного компресору встановлено віддільники мастила, винос з компресору має місце. Кількість мастила, що виноситься з компресору пропорційно залежить від часів роботи компресорів.

Річна потреба в мастилі визначається за формулою:

$$M = g \cdot n, \text{кг} \quad 15.3.4.1$$

де  $g$  – норма заправки мастила на 1 спіральний компресор, л;  $z$  – кількість компресорів, шт; для компресорів PSH 077-4  $g = 6$  кг, а нормативний час заміни складає 2700 год.

Приймаю заміну мастила після кожного опалювального сезону, тобто один раз на рік. Необхідний об'єм для заправки:

$$M = 6,7 \cdot 4 = 26,8 \text{ л}$$

Витрати на поповнення системи мастилом при ціні на мастило 1270 грн/л складатиме:

$$B = 26,8 \cdot 1270 = 34 \text{ тис. грн} \quad 15.3.4.2$$

### 15.3.5 Витрати на поповнення системи проміжним теплоносієм

Норму витрати теплоносія на 1 м<sup>2</sup> випарника приймаю 27 кг:

$$ПТ = 27 \cdot 23 = 621 \text{ кг} \quad 15.3.5.1$$

Вартість пропилен гліколю 16,8 грн/л. Витрати на поповнення системи:

$$ПТ = 24 \cdot 0,7 \cdot 621 = 10,4 \text{ тис. грн} \quad 15.3.5.2$$

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Разом витрати по заробітній платі для холодильника становлять:

ВОПх=716 +411,2 =1127,2 тис. грн.

### 15.3.7 Амортизація обладнання

Таблиця 15.3.7.1.

Найменування обладнання	К-сть	Відсоток амортизації, %	Відрахування літо, тис. грн	Відрахування зима, тис. грн
Компресор	4	12,5	33,9	33,9
Теплообмінне обладнання	4	12,5	7,1	7,1
Вентиляторний конвектор	20	20	33,6	33,6
Насос водяний	4	10	19,6	19,6
Насос проміжного носія	2	10	9,7	9,7
Бак-акумулятор	1	10	7,2	7,2
Трубопроводи і арматура	-	15	7,5	7,5
		Разом:	118,6	118,6

Для кожного виду обладнання враховано індивідуальний відсоток амортизаційних відрахувань. В таблиці 15.3.7.1 відображені відрахування на кожне півріччя.

### 15.3.8 Витрати на поточні ремонти

Витрати на поточні ремонти в одне півріччя складають 50% від амортизаційних витрат:

$$118,6 \cdot 0,5 = 59,3 \text{ тис. грн} \quad 15.3.7.2$$

### 15.3.9 Витрати на охорону праці

Фінансування заходів з охорони праці складає 0,2 % від фонду оплати праці. Ці кошти витрачають на реалізацію заходів для покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві, підготовки підприємства до робіт, придбання засобів індивідуального захисту тощо:

$$2239,6 \cdot 0,002 = 4,5 \text{ тис. грн} \quad 15.3.7.3$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.008.005.2022.ПЗ

### 15.3.10 Утримання будівлі

Вартість будівлі визначається 6600 грн. за кожен м<sup>2</sup> будівельної площі. Таким чином вартість будівлі буде складати  $6600 \cdot 4860 = 32076000$  грн. = 32076 тис. грн.

Амортизаційні відрахування на будівлі становлять 3,5%:

$$32076 \cdot 0,07763 = 1123 \text{ тис. грн} \quad 15.3.7.4$$

### 15.3.11 Спрацювання швидкозносного інвентарю

Витрати на знос малоцінного та швидкозносного інвентарю складатиме 10% від амортизаційних відрахувань:

$$237,2 \cdot 0,1 = 23,7 \text{ тис. грн} \quad 15.3.7.5$$

### 15.3.12 Інші витрати

Інші витрати складають 0,5% від загально цехових витрат.

## 15.4. Цехові витрати

Калькуляція цехових витрат зведена до таблиць 15.4.1 та 15.4.2

Таблиця 15.4.1.

Статті витрат (Опалювальний період)	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	658
Масило	34
Фреон	38,4
Проміжний теплоносі	5,2
Оплата праці	563,6
Амортизація	118,6
Поточні ремонти	59,3
Охорона праці	2,25
Утримання будівлі	561,5
Спрацювання інвентарю	23,7
Інші витрати	12
<b>Разом</b>	<b>2076,6</b>

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статті витрат (теплий період)	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	101,6
Мастило	-
Фреон	-
Проміжний теплоносій	5,2
Оплата праці	563,6
Амортизація	118,6
Поточні ремонти	59,3
Охорона праці	2,25
Утримання будівлі	561,5
Спрацювання інвентарю	23,7
Інші витрати	12
<b>Разом</b>	<b>1447,8</b>

### 15.5 Собівартість одиниці тепла і холоду

Собівартість одиниці тепла:

$$B_T = \frac{2076,6 \cdot 10^3}{\sum Q_3} = \frac{2076,6 \cdot 10^3}{611111} = 3,4 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год} \quad 15.5.1$$

Собівартість одиниці холоду:

$$B_T = \frac{1447,8 \cdot 10^3}{\sum Q_L} = \frac{1447,8 \cdot 10^3}{695228} = 2 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год} \quad 15.5.1$$

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16. Охорона праці

В даному дипломному проекті розглядається склад для зберігання кондитерських виробів місткістю 10 тис. тон. у місті Львів. Об'єкт спроектовано з використанням сучасного холодильного обладнання, що має високий рівень автоматизації. Тепло-холодопостачання забезпечується тепловим насосом, тому система працює на базі фреону R410A. Приміщення машинного відділення знаходиться в окремій добудованій будівлі біля складу із західної сторони. Тепловий насос працює близько 15 годин на добу. Робота паро-компресійної холодильної установки являється джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал даної установки:

### 1) Шкідливі виробничі фактори:

- високий рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- загазованість повітря;
- недостатній рівень освітленості робочої зони;

### 2) Небезпечні виробничі фактори:

- можливий витік фреону;
- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання і технологічних майданчиків;
- незахищені рухомі елементи обладнання;
- наявність посудин, що працюють під тиском;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі;
- статична електрика, атмосферна електрика.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16.1. Санітарно гігієнічні норми до розміщення обладнання

Розміщення, обслуговування та експлуатація устаткування повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

Приміщення машинного відділення розташоване в прибудові до холодильника.

Вікна - однорядні із звичайного скла. Над та під машинним відділенням не має приміщень з постійними робочими місцями, а також побутових та допоміжних приміщень. З машинного відділення є один вихід ззовні, один у побутове приміщення та один у приміщення складу.

Система контролю загазованості повинна забезпечувати автоматичну обробку інформації про концентрацію фреону в повітрі.

Система припливно-витяжної вентиляції вентиляційного відділення вмикається сигналізатором аварійної концентрації ФЛ-5501 при концентрації фреону 2300 мг/м<sup>3</sup> (20%) і забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

приплив - за розрахунком, але не менше 2;

витяжка - за розрахунком, але не менше 3.

Підлога даного відділення є рівною, неслизькою. Стіни та стеля машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими нормативами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

Висота машинного відділення до низу несучих конструкцій покриття 4м.  
Висота підвіконь - 1,2 м.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16.2 Мікроклімат

Людина внаслідок своєї життєдіяльності виділяє тепло в навколишнє середовище кількість якого залежить від характеру виконуваної роботи.

Для нормального самопочуття потрібно, щоб був налагоджений постійний відвід випромінюваного організмом тепла. Здатність людського організму підтримувати постійну температуру тіла за рахунок регулювання відведення тепла називається терморегуляцією.

Нормальне теплове самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи може бути досягнуто за певних комбінацій таких параметрів повітря: температура, швидкість руху повітря та відносна вологість. Значення цих параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття і найвищу працездатність людини, вважають оптимальними нормами мікроклімату. Відхилення зазначених параметрів повітряного середовища від оптимальних норм створює несприятливі метеорологічні умови, що призводять до погіршення самопочуття, передчасної втоми людини і зниження її працездатності.

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату в пункті управління і в машинному відділенні повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт "Середньої тяжкості - Па", що приведені у таблиці 16.2.1.

Таблиця 16.2.1.

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Верхня межа	Нижня межа		
Холодний ( $t_3 < 10^{\circ}\text{C}$ )	24	15	$\leq 75$	$\leq 0,3$
Теплий ( $t_3 \geq 10^{\circ}\text{C}$ )	29	17	65 (при $26^{\circ}\text{C}$ )	0,2-0,4

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.005.2022.ПЗ					

### 16.3 Вентиляція

Машинне відділення обладнане системою постійно діючої припливно-втяжної. Повітря видаляється у атмосферу без очищення. Побутові приміщення при машинному відділенні мають окрему від нього систему вентиляції.

Для екстреного відключення електроживлення всього обладнання холодильної установки і робочого освітлення змонтована на стіні машинного відділення кнопка запасного аварійного відключення.

### 16.4 Шум і вібрація

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та на робочому місці в ПУ не повинен перевищувати встановлених норм (ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”): в цеху - 78...80 дБ, у ПУ - 50...55 дБ.

Для зниження шуму застосовуються будівельні конструкції із звукоізоляцією стін. Вібрація на робочих місцях не повинна перевищувати гранично допустимої величини, передбаченої ДСН 3.3.6.039-99 “Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”: в машинному відділенні - 85...88 дБ, в ПУ - 75...77дБ.

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

- встановлення компресорів машин на спеціальних фундаментних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі;
- наявності передбаченого виробником шумоізоляційного покриття;
- не жорсткого кріплення до конструкцій будівлі трубопроводів, які приєднуються до холодильної машини.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16.5 Освітлення

Вимоги до освітлення: рівень освітленості в приміщенні машинного відділення відповідає ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.

На підприємстві у компресорному цеху бічне одностороннє освітлення, при якому нормується максимальне значення КПО. КПО = 0,2 %. Для компресорного цеху при загальному спостереженні за ходом роботи, при постійному перебуванні людей та VIII розряді зорової роботи освітленість становить 75 лк.

Для живлення світильників загального освітлення застосовується напруга 220 В.

Для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання застосовується напруга: у приміщеннях без підвищеної небезпеки - не менше 220 В; у приміщеннях з підвищеною небезпекою - не менше 42 В; в особливо небезпечних - не менше 12 В.

Світильники встановлено на висоті 3,5 м від підлоги.

Світильники робочого і аварійного освітлення у виробничих будівлях і зонах роботи на відкритому просторі мають живлення від різних незалежних джерел.

Переносні світильники в пожежонебезпечних зонах будь-якого класу мають ступінь захисту не менше IP-54; скляний ковпак світильника захищений металевою сіткою.

Аварійне і ремонтне освітлення: машинного відділення, а також існуючі підземні прохідні тунелі з аміачними трубопроводами і розподільчою арматурою мають аварійне освітлення від незалежного джерела (у відповідності з ПУЕ). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16.6. Техніка безпеки

Для безпечної експлуатації обладнання холодильної установки необхідно чітко дотримуватися вимог та інструкцій заводів-виготовлювачів.

Інструктажі за часом і характером проведення бувають вступними, первинними, повторними, позаплановими та цільовими.

Вимоги техніки безпеки регламентує нормативний документ у галузі. На розподільчому холодильнику наказом керівника призначені відповідальні особи із числа інженерно-технічних робітників, які пройшли в установленому порядку перевірку знань даних правил, в тому числі, по нагляду за технічним станом і безпечною експлуатацією холодильної установки і дотриманням вимог даних правил.

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

-по експлуатації холодильних установок - для машиністів;

-по автоматизації холодильних установок - для слюсарів по КВП і автоматиці.

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

Стажування проводять досвідчені наставники. Допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

У компресорному цеху є добовий журнал установленої форми. Журнал має пронумеровані, прошнуровані, закріплені печаткою підприємства, із датою і підписом начальника цеху.

Біля входу в охолоджувальні приміщення (коридор, естакада) вивішені інструкції з охорони праці при проведенні робіт у камерах холодильника.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аварійна вентиляція повинна мати кратність обміну повітря за годину не менше 8 (без врахування продуктивності постійно діючої припливно-витяжної вентиляції).

Для надання долікарської допомоги в машинному відділенні повинна бути наявності аптечка, в якій містяться:

1 - 2%-ий розчин лимонної кислоти;

2 - 4%-ий розчин борної кислоти;

1%-ий розчин новокаїну, кодеїну (або діоніну), етиловий спирт, сода, бинти, вата, марлеві салфетки, мазь Вишневського (або пеніцилінові мазь), йод.

У ПУ передбачається наявність аварійного відключення, блокування від помилкових дій оператора.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16.7 Посудини, що працюють під тиском

На підприємстві широко використовуються посудини та апарати, що працюють під тиском - герметично закриті ємкості, які знаходяться під надлишкових тиском. До них належать компресори, стаціонарні посудини.

Основна небезпека при експлуатації цього обладнання полягає у можливому раптовому руйнуванні, яке супроводжується вибухом із утворенням великої.

потужності за рахунок вивільнення енергії адіабатичного розширення пари або газу. Так, при розриві посудини місткістю 1,0 м<sup>3</sup>, яка знаходиться під тиском 1,0 МПа, розвивається потужність близько 10,0 МВт. При цьому можуть статися руйнування і важкі травми людей.

Посудини, що працюють під тиском, належать до обладнання з підвищеною небезпекою, тому при їх конструюванні, виготовленні та експлуатації важливо знати і виконувати вимоги правил безпеки.

Проектування, виготовлення, монтаж, налагодження, експлуатація та ремонт цього обладнання, за винятком окремих випадків, регламентуються «Правилами будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском».

Усе обладнання першої групи реєструється і перебуває під контролем органів Держнаглядодоронпраці України.

Посудини з умовами роботи, відмінними від посудини першої групи, належать до другої групи. Вимоги техніки безпеки до таких посудин наведені у галузевих правилах із техніки безпеки і виробничої санітарії. Вони не підлягають реєстрації в органах Держнаглядодоронпраці України. Нагляд за об'єктами цієї групи організує керівник підприємства, який несе відповідальність за безпечну експлуатацію та використання по ремонту цих об'єктів.

Для своєчасного виявлення можливих дефектів обладнання, що працює під тиском, воно підлягає технічному опосвідченню перед запуском в роботу, періодично в процесі експлуатації – і в необхідних випадках позачергово.

Періодичне технічне опосвідчення компресорних та стаціонарних посудин буває двох видів:

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зовнішній і внутрішній огляд – не рідше одного разу на 4 роки;
- гідравлічне випробування – не рідше одного разу на 8 років.

Вибухи при роботі компресорів можуть відбуватися внаслідок перевищення тиску стисненого повітря, підвищення його температури при стисненні та утворенні вибухонебезпечних сумішей кисню з легкими продуктами розкладу мастил, а також при порушенні вимог безпеки в процесі обслуговування, експлуатації та догляду за технічним станом компресорів. Вони призводять до руйнування як самого компресора, так і будови, у якій він розміщений, а також до травм обслуговуючого персоналу із важкими наслідками.

Для безаварійної експлуатації компресорних слід дотримуватись вимог безпеки, що викладені в державних стандартах та інструкціях з техніки безпеки.

Компресорні станції із трьома і більше компресорами обладнуються манометрами і запобіжними клапанами, термометрами і термопарами, тепловим реле, системою дистанційного контролю, сигналізацією роботи установок і блокуючими пристроями, які автоматично відмикають привід компресора при перевищенні температури і тиску стисненого повітря та температури води, що надходить з компресора після охолодження.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 16.8 Контрольно-вимірювальні прилади

Для візуальних показчиків рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовуються плоске оглядове скло.

Для спостереження за робочими тисками всмоктування на всмоктувальній магістралі, нагнітання – нагнітальній магістралі, кожного компресора встановлено манометри.

Спрацювання приладів захисту дублюється звуковим сигналом в машинному відділенні.

## 16.9 Електробезпека

Електроустановки споживачів, що експлуатуються, відповідають вимогам Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів, а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

Встановлені пускові прилади розраховані на максимальну силу струму електродвигуна. Рубильники, призначені для вмикання-вимикання струму навантаження, захищені кожухами, які не горять, без отворів та шпарин і мати дистанційне керування. Напруга в колах керування устаткуванням, що встановлено у приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, а також зовні приміщення, не перевищує 42 В.

Комплектні пристрої (щити, шафи тощо), що призначені для робіт при напрузі до 1000 В, відповідають вимогам ГОСТ 12.2.007.7-83.

Дверцята шаф і ящиків з електроапаратурою замикаються за допомогою спеціального ключа або замка.

У приміщеннях категорій А, Б, В за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою повинна забезпечуватися електростатична іскробезпека відповідно до ГОСТ 12.1.018-93, ГОСТ 12.4.124-83.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **16.9.1 Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві**

1. Недоступність струмопровідних частин від випадкового дотикання, блокування (захисні огороження, безпечне розміщення струмопровідних частин, блокування попереджувальною сигналізацією, наявність знаків безпеки).

2. Надійна ізоляція (згідно ПУЕ передбачене використання 2 малих напруг - 12 і 36 В, мінімальний опір ізоляції у силових і електричних освітлювальних установках становить 0,5 МОм, ізолюючі підлоги мають опір більший 1 МОм).

3. Заземлення або занулення електричного обладнання.

4. Організаційні методи (регулярний медичний огляд, наявність інструкцій, перевірка інструментів, контроль при виконанні робіт, наряд допуску перед роботами).

5. Застосування низьких напруг (нижчих 42 В).

6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.

7. Планово-попереджувальні роботи.

### **16.9.2 Заходи захисту від статичної електрики:**

1. Попередження можливості виникнення електростатичного заряду (здійснюється постійно відводом статичної електрики за допомогою заземлення. Кожна система апаратів і трубопроводів заземлюється не менше, ніж у 2 місцях).

2. Зниження величини потенціалу до безпечного рівня (безпечна швидкість транспортування речовин, підбір матеріалів, поверхні тертя, що взаємно компенсують виникаючі заряди, нанесення електростатичних речовин).

3. Підвищення відносної вологості повітря.

4. Нейтралізація здійснюється за допомогою іонізації повітря.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовується стрижневий блискавковідвід, який встановлено на даху будівлі, згідно РД 34.21.122.-87. «Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений, затверждена Министерством энергетики СРСР».

### **16.10 Пожежна та вибухо- безпека**

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежо - та вибухобезпека на підприємстві забезпечується відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. "Пожарная безопасность. Общие требования", ДНАОП 0.01-1.01-95 "Правила пожежної безпеки в Україні".

У відповідності із СнiП 2.11.02-87 "Холодильники" машинне відділення за вибухо-пожежонебезпекою відноситься до категорії Д, згідно ОНТП 24-86, або до пожежонебезпечної зони—класу П-I, згідно ПУЕ.

Пожежна безпека на підприємстві включає в себе систему запобігання вибуху і пожеж та систему пожежного захисту.

**Система запобігання пожежі передбачає:**

- наявність огорожуючи конструкцій будівлі машинного відділення, легко скидних елементів (вікна);
- аварійну витяжну вентиляція;
- світлозвукову сигналізацію, табло над входом у машинне відділення;
- надійне приєднання провідників від обладнання до контуру заземлення без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскрохорохищеному виконанні; приточного вентилятора – у звичайному, а його електродвигуна – в закритому виконанні;
- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень;

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Система пожежного захисту включає:**

- двері повинні відчинятися у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02-87, СНиП 2.01.02-85. “Противопожарные нормы”);
- наявність системи оповіщення про пожежу;
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежегасіння: двома лопатами, сокирами, металевим багром; пожежним щитом з азбестовим полотном, ящиком з піском; повітряно-пінні вогнегасники ВПП-5 – 1 шт; порошкові вогнегасники ВП-10 – 1 шт.
- наявність плану евакуації.

					00 КР 142.008.005.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



