

**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)  
\_\_\_\_\_ Сергій Блаженко \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Валентин Петренко. \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

**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 холодозабезпечення супермаркету площею 1200 м<sup>2</sup> у м. Київ

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-9н

\_\_\_\_\_ Басок Веніамін Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Рябчук Олександр Миколайович \_\_\_\_\_  
(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 \_\_\_\_\_  
(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 - 2023р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ імені 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

(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

Валентин Петренко

“17” квітня 2023 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Баска Веніаміна Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодозапечення супермаркету площею 1200 м<sup>2</sup> у м. Київ

керівник роботи доц., к.т.н. Рябчук О.М.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “14” квітня 2023 року №233-к

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

План магазину з розташуванням торгівельного холодильного обладнання та холодильних камер.

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

1) Опис об'єкту холодозабезпечення

2) Розрахунок холодильної частини проєкту

3) Охорона праці

4) Економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу

1. План магазину.

2. Схема холодильної установки.

3. Схема споживачів холоду.



## Анотація

В даному проєкті виконано холодозабезпечення супермаркету площею 1200 м<sup>2</sup> у м. Київ. Було проведено проєктні розрахунки в ході яких визначено теплове навантаження на холодильну установку, підібрано основне та допоміжне обладнання, проведено техніко-економічний розрахунок проєкту.

Дипломний проєкт складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини.

Розрахунково-пояснювальна частина складається з наступних розділів:

1. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильних камер супермаркету.
2. Визначення теплового навантаження від торговельного холодильного обладнання та камер.
3. Визначення навантаження на обладнання камер та компресори.
4. Вибір розрахункового режиму роботи установки, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини.
5. Розрахунок та підбір компресорів холодильної машини.
6. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів.
7. Визначення діаметрів трубопроводів та необхідної ізоляції.
8. Розрахунок та підбір допоміжного обладнання.
9. Економічний розрахунок.
10. Охорона праці.

Графічна частина складається з 3х креслень, які виконані в програмі Autodesk Revit та Autocad.

**Ключові слова:** проєкт холодопостачання супермаркету, R507, одноступенева схема.

					<b>00 БКР 14.2.008.001.ПЗ</b>							
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літера</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Басок В.М.</i>			<i>Проект холодопостачання супермаркету площею 1200 м<sup>2</sup></i>			<i>Б</i>	<i>К</i>	<i>Р</i>	<i>4</i>	<i>77</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Рябчук О.М.</i>										
<i>Реценз.</i>												
<i>Н.контр</i>												
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>										
<b>НУХТ, ТЕХТ</b>												

## Оглавление

<b>Вступ</b> .....	6
1. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильних камер супермаркету.....	11
2. Визначення теплового навантаження від торгівельного холодильного обладнання та камер. ....	15
3. Визначення навантаження на обладнання камер та компресори .....	29
4. Вибір розрахункового режиму роботи установки, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. ....	30
5. Розрахунок та підбір компресорів холодильної машини. ....	38
6. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів.....	42
7. Визначення діаметрів трубопроводів та необхідної ізоляції. ....	50
8. Розрахунок та підбір допоміжного обладнання. ....	54
9. Економічний розрахунок .....	68
10. Охорона праці. ....	71
Список використаних джерел .....	77

					<b>00 БКР 142.008.001.ПЗ</b>									
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>										
<i>Розробив</i>		<i>Басок В.М.</i>			<i>Проект холодопостачання супермаркету площею 1200 м<sup>2</sup></i>			<i>Літера</i>		<i>Арк.</i>		<i>Аркушів</i>		
<i>Перевірів</i>		<i>Рябчук О.М.</i>						<i>Б</i>	<i>К</i>	<i>Р</i>	<i>4</i>		<i>77</i>	
<i>Реценз.</i>								<b>НУХТ, ТЕХТ</b>						
<i>Н.контр</i>														
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>												

## Вступ

В даній роботі запропоновано проєкт холодопостачання супермаркету площею 1200 м<sup>2</sup>.

В холодильному торгівельному обладанні, холодильних та морозильних камерах зберігається готова продукція, яка поступає в супермаркет для реалізації кінцевому споживачу. Всього в магазині налічується обладнання в такій кількості та комплектації:

Вітрина холодильна 1250x1211x1221мм – 2 шт;

Вітрина холодильна 1560x1211x1221мм – 1 шт;

Вітрина холодильна 1875x1211x1221мм – 2 шт;

Вітрина холодильна 2500x1211x1221мм – 1 шт;

Вітрина кутова 90° – 5 шт;

Вітрина кондитерська 900x800x1290мм – 1 шт;

Регал-вітрина 1250x1211x1600мм – 3 шт;

Регал-вітрина 1875x1211x1600 – 2 шт;

Регал-вітрина Gracia PZ cascade – 2 шт;

Регал 940x962x2090мм – 3 шт;

Регал 1250x962x2090мм – 6 шт;

Регал 1875x962x2090мм – 13 шт;

Регал 2500x962x2090мм – 6 шт;

Камера холодильна – 4 шт;

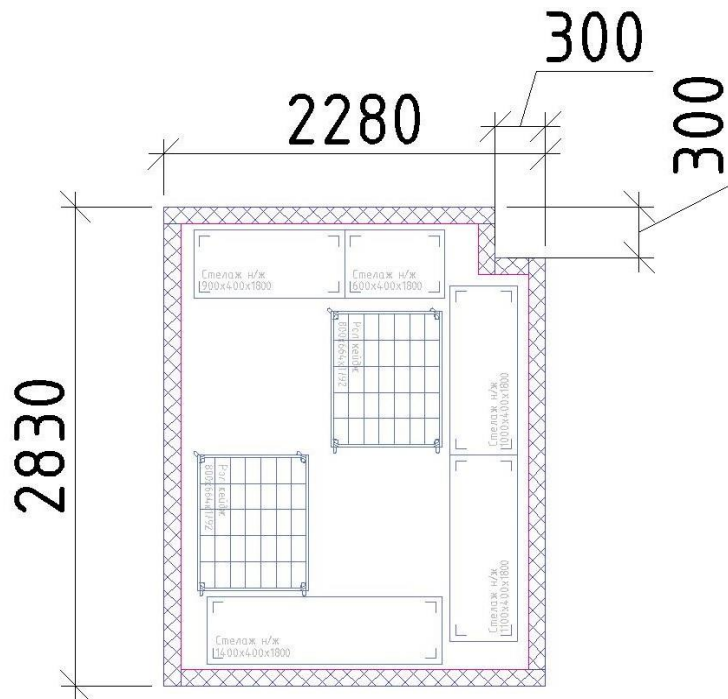
Камера морозильна – 2 шт.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

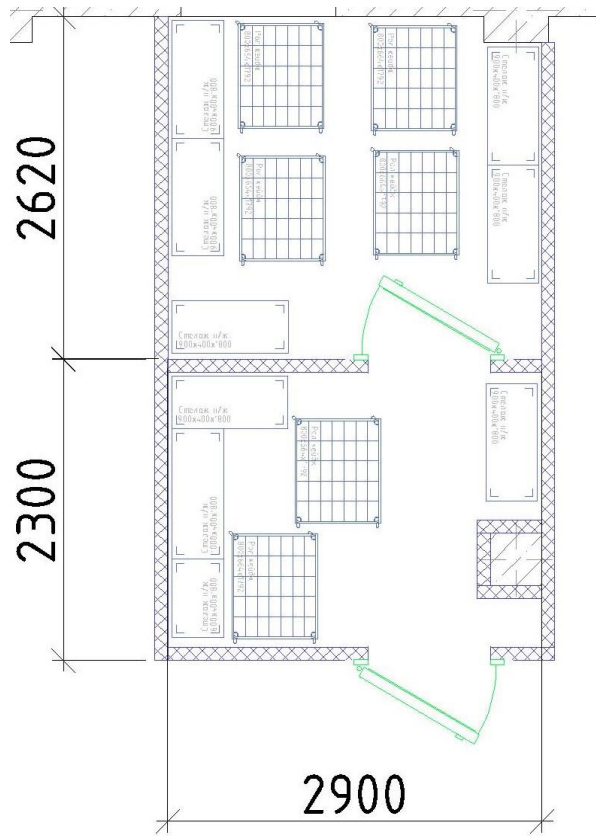
Розміри та температурні режими камер наведені у таблиці 1.1.

Назва камери	Площа камери, м <sup>2</sup>	Температура повітря в камері, °С	Відносна вологість, %	Температура продукту, що надходить, °С	Час холодильної обробки, год
Камера № 1	6.36	+2	80-85	+20	24
Камера №2	6.67	+2	80-85	+20	24
Камера №3	7.59	-20	80-85	+2	24
Камера №4	9.54	+2	80-85	+20	24
Камера №5	3.96	+6	80-85	+20	24
Камера №6	4.15	-20	80-85	+2	24

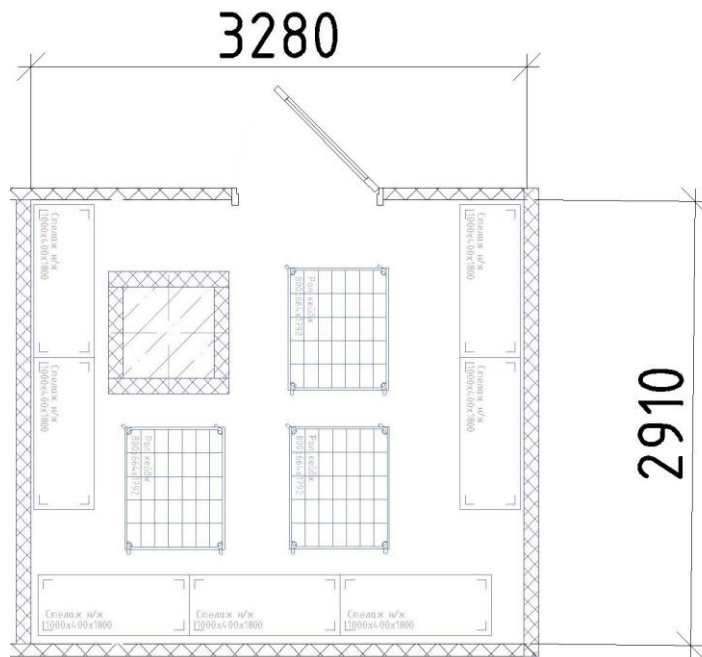
Таблиця 1.1. Розміри камер



Мал.1.1 Камера №1

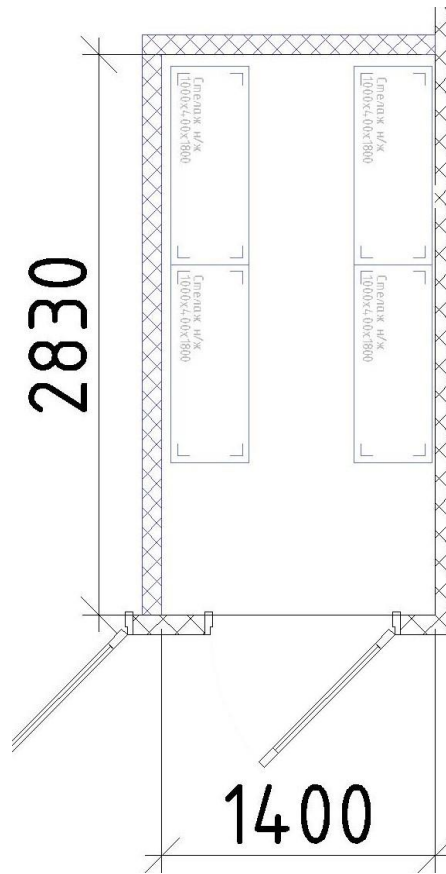


Мал. 1.2 Камера №2-3

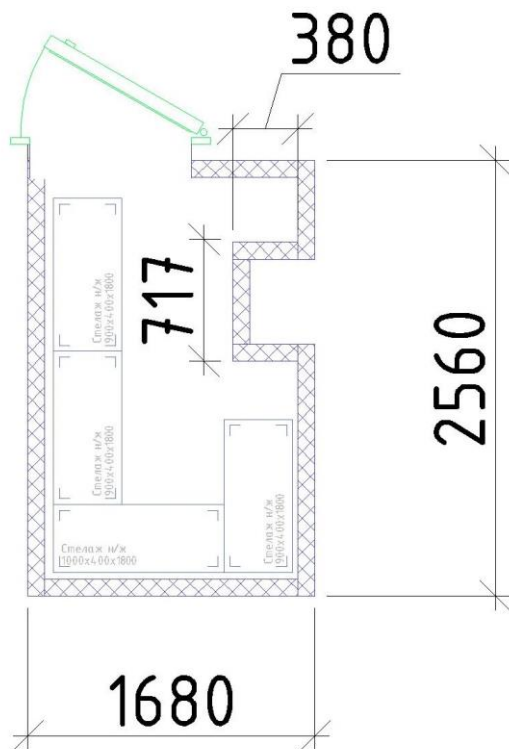


Мал. 1.3 Камера №4

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Мал. 1.4 Камера №5



Мал. 1.5 Камера №6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 БКР 142.004.002.ПЗ

Арк.

9

Обладнання не вказане в даному проєкті, але яке є на плані – автономне і в даному проєкті не розглядається.

Камери будуються з сендвіч-панелей, які виконують роль як будівельних конструкцій так і теплоізоляції.

Холодопостачання централізоване. Для середньотемпературних споживачів ХМ виконана в вигляді мультикомпресорної централі на базі поршневих компресорів Bitzer, для низькотемпературних споживачів - встановлений компресорно-конденсаторний агрегат. Конденсатор повітряний, фірми Guntner, випарники в камерах фірми Lu-ve. Система як середньо- так і низькотемпературна – безпосередня, одноступенева.

Всі споживачі підключені до системи віддаленого моніторингу, що дозволяє використовувати сучасні технології енергозбереження такі як: плаваюча температура кипіння, плаваюча температура конденсації, графіки включення/виключення світла в торговому обладнанні, нічне зміщення температури регулювання в холодильному об'ємі.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильних камер супермаркету

Розрахунок теплоізоляції проводжу відповідно до необхідних температурних режимів в камерах. В якості ізоляції використовую сендвіч-панелі фірми Пантек. Цей матеріал виконує функції - як теплоізоляції, так і самонесучих стін. Основні технічні характеристики сендвіч-панелей Пантек:

Облицювання – оцинкована сталь марки DX51D 140-275Z товщиною 0.45-0.7 мм з лакофарбованим покриттям та захисною з'ємною полімерною плівкою;

Тип утеплювача – жорсткий пінополіуретан;

Густина пінополіуретана – 40-42 кг/м<sup>3</sup>;

Розрахунковий коефіцієнт теплопередачі – 0.021 Вт/м<sup>2</sup>К;

Вологопоглинання від об'єму за 24 години при відносній вологості 96% - 0.09%;

Міцність на стиснення стінових панелей – 2.11 кгс/см<sup>2</sup>;

Товщина стінових панелей – 50,60,80,100,120,150,180 мм;

Максимальна довжина панелей – 12000мм.

Стіни та стелю камер будує з стінових сендвіч-панелей, які між собою з'єднуються за допомогою спеціального замка, а стеля зі стінами – за допомогою металевого профілю на заклепках. Підлога в холодильних камерах відсутня і складається із залізобетонної плити або плити перекриття. В морозильних камерах підлога вкладається сендвіч-панелями, поверх яких стелиться вологостійкий ДСП та алюмінієві листи на заклепках.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібна товщина ізоляційного шару визначається за формулою:

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \left[ \frac{1}{k_0} - \left( \frac{1}{a_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_6} \right) \right], \text{ м}$$

де  $\delta_{i3}$ ,  $\delta_i$  - товщини теплоізоляційного та будівельного шарів відповідно, м;  $a_n$ ,  $a_6$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стін відповідно, Вт/м<sup>2</sup>К;  $\lambda_{i3}$ ,  $\lambda_i$  – коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційного та будівельного шару відповідно, Вт/мК;  $k_0$  – коефіцієнт теплопровідності огорож, Вт/(м<sup>2</sup>К).

Розрахункове значення товщини теплоізоляції збільшую до найближчого з модельного ряду Пантек, тоді дійсний коефіцієнт буде дорівнювати:

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{a_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{i3}^{np}}{\lambda_{i3}}}, \text{ Вт / мК}$$

де  $\delta_{i3}^{np}$  – прийнята, або стандартна товщини теплоізоляції, м.

Значення коефіцієнтів теплопередачі та термічного опору для сендвіч-панелей беру з Б.К. Янвель «Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок».

Необхідний шар теплоізоляції для стін холодильних камер:

$$\delta_{i3} = 0.021 \left[ \frac{1}{0.41} - \left( \frac{1}{8} + 0.091 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,045 \text{ м}$$

В якості ізоляції приймаю сендвіч-панель товщиною 50мм

Тоді дійсний коефіцієнт теплопередачі для стін холодильних камер:

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{11} + 0.091 + \frac{0.05}{0.021}} = 0.39, \text{ Вт / мК}$$

Необхідний шар теплоізоляції для стелі холодильних камер:

$$\delta_{iz} = 0.021 \left[ \frac{1}{0.41} - \left( \frac{1}{8} + 0.091 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,045 \text{ м}$$

В якості ізоляції приймаю сендвіч-панель товщиною 50мм

Тоді дійсний коефіцієнт теплопередачі для стелі холодильних камер:

$$k_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{11} + 0.091 + \frac{0.05}{0.021}} = 0.39, \text{ Вт / мК}$$

Необхідний шар теплоізоляції для стін морозильних камер:

$$\delta_{iz} = 0.021 \left[ \frac{1}{0.27} - \left( \frac{1}{8} + 0.091 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,072 \text{ м}$$

В якості ізоляції приймаю сендвіч-панель товщиною 80мм

Тоді дійсний коефіцієнт теплопередачі для стін морозильних камер:

$$k_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{11} + 0.091 + \frac{0.08}{0.021}} = 0.25 \text{ Вт / мК}$$

Необхідний шар теплоізоляції для стелі морозильних камер:

$$\delta_{iz} = 0.021 \left[ \frac{1}{0.27} - \left( \frac{1}{8} + 0.091 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,072 \text{ м}$$

В якості ізоляції приймаю сендвіч-панель товщиною 80мм

Тоді дійсний коефіцієнт теплопередачі для стелі морозильних камер:

$$k_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{11} + 0.091 + \frac{0.08}{0.021}} = 0.25 \text{ Вт / мК}$$

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підлоги морозильних камер приймаю такі ж сендвіч-панелі як і для стелі і стін.

Всі дані заносу до таблиці 1.2.

Тип камери	Тип огорожі	$\alpha_z$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$\alpha_v$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$k_0$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$R_i$ , м <sup>2</sup> К/Вт	$\lambda_{із}$ , Вт/м <sup>2</sup> К	$\delta_{із}$ , м	$\delta_{із}^{пр}$ , м	$k_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)
Холодильна	Стіни	8	11	0.41	0.091	0.021	0.045	0.05	0.39
	Стеля	8	11	0.41	0.091	0.021	0.045	0.05	0.39
Морозильна	Стіни	8	11	0.27	0.091	0.021	0.072	0.08	0.25
	Стеля	8	11	0.27	0.091	0.021	0.072	0.08	0.25

Таблиця 1.2. Розрахунок теплоізоляції.

## 2. Визначення теплового навантаження від торговельного холодильного обладнання та камер.

Для того, щоб розрахувати необхідну потужність холодильної установки необхідно знати скільки тепла потрібно відвести для забезпечення заданих технологічних температурних режимів. В камерах кількість теплоти  $Q$  залежить від декількох чинників, а саме:

- Теплоти через огорожувальні конструкції  $Q_1$ ;
- Теплота, яка виділяється від продукта при його холодильній обробці  $Q_2$
- Теплота, яка надходить від вентиляції в камері  $Q_3$ , яка така присутня;
- Експлуатаційні теплопритоки, які утворюються за рахунок перебування людей, роботи електродвигунів, відкриття дверей, освітлення  $Q_4$ ;
- Теплопритоки від дихання овочів та фруктів  $Q_5$ .

Навантаження на камерне обладнання визначається як сума всіх цих теплопритоків:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ кВт}$$

Теплопритоки через конструкції огорож  $Q_1$  визначається за формулою:

$$Q_1 = kF(t_3 - t_в) \cdot 0.7, \text{ кВт}$$

де  $k$  – дійсний коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції, Вт/м<sup>2</sup>К;

$F$  – площа огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$t_в$  – температура всередині камери, °С;

$t_3$  – температура ззовні камери, °С.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0.7 – коефіцієнт поправки для внутрішніх стін(0.7 для стін, які виходять в неохолодне середовище, 0.6 – для стін, що межують з іншим охолодженим середовищем).

Розрахунок теплопритоків  $Q_1$  для холодильних та морозильних камер наведено в таблиці 2.1.

Назва огорожі	Напрямок	$k_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$t_b, ^\circ\text{C}$	$Q_1, \text{кВт}$
Камера №1						
Стіна	ПН	0.39	5.7	+25	+2	0.051
Стіна	ПД	0.39	5.7	+25	+2	0.051
Стіна	ЗХ	0.39	7.1	+25	+2	0.064
Стіна	СХ	0.39	7.1	+25	+2	0.064
Стеля		0.39	6.36	+25	+2	0.057
Підлога		0.47	6.36	+10	+2	0.024
				Разом:		0.31
Камера №2						
Стіна	ПН	0.39	7.25	+25	+2	0.065
Стіна	ПД	0.39	7.25	+25	+2	0.065
Стіна	ЗХ	0.39	5.75	+25	+2	0.052
Стіна	СХ	0.39	5.75	+25	+2	0.052
Стеля		0.39	6.67	+25	+2	0.060
Підлога		0.47	6.67	+10	+2	0.025
				Разом:		0.32
Камера №3						

Стіна	ПН	0.27	7.25	+25	-20	0.088
Стіна	ПД	0.27	7.25	+25	-20	0.088
Стіна	ЗХ	0.27	6.55	+25	-20	0.080
Стіна	СХ	0.27	6.55	+25	-20	0.080
Стеля		0.27	7.59	+25	-20	0.092
Підлога		0.47	7.59	+10	-20	0.107
				Разом:		0.53
Камера № 4						
Стіна	ПН	0.39	8.2	+25	+2	0.074
Стіна	ПД	0.39	8.2	+25	+2	0.074
Стіна	ЗХ	0.39	7.28	+25	+2	0.065
Стіна	СХ	0.39	7.28	+25	+2	0.065
Стеля		0.39	9.54	+25	+2	0.086
Підлога		0.47	9.54	+10	+2	0.036
				Разом:		0.4
Камера №5						
Стіна	ПН	0.39	3.5	+25	+6	0.026
Стіна	ПД	0.39	3.5	+25	+6	0.026
Стіна	ЗХ	0.39	7.07	+25	+6	0.052
Стіна	СХ	0.39	7.07	+25	+6	0.052
Стеля		0.39	3.96	+25	+6	0.029
Підлога		0.47	3.96	+10	+6	0.007

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 БКР 142.004.002.ПЗ

Арк.

17

				Разом:		0.19
Камера №6						
Стіна	ПН	0.27	4.2	+25	-20	0.051
Стіна	ПД	0.27	4.2	+25	-20	0.051
Стіна	ЗХ	0.27	6.4	+25	-20	0.078
Стіна	СХ	0.27	6.4	+25	-20	0.078
Стеля		0.27	4.15	+25	-20	0.050
Підлога		0.47	4.15	+10	-20	0.059
				Разом:		0.37
Для морозильних $Q_1=0.9$ кВт, для холодильних $Q_1 = 1.22$ кВт						

Таблиця 2.1. Теплопритоки від огорожувальних конструкцій  $Q_1$  холодильних та морозильних камер.

### Теплонадходження від продукції.

Загальні теплонадходження від продукції складаються з теплонадходжень від самої продукції при їх холодильній обробці  $Q_{2пр}$  та від тари  $Q_{2т}$ .

$$Q_2 = Q_{2пр} + Q_{2т}, \text{ кВт}$$

Теплонадходження від продукції при її холодильній обробці  $Q_{2пр}$  – визначаються за формулою:

$$Q_{2пр} = M_{пр} \Delta i \frac{1}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт}$$

де  $M_{пр}$  – добове надходження продукта, т/добу;

$\Delta i$  – різниця питомих ентальпій за початкових та кінцевих температур, кДж/кг;

						00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
							18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$\tau$  – час термообробки продукта, год. Для морозильних та холодильних камер приймаю час термообробки 6 год.

Добове надходження продукта визначаю в залежності від місткості камер. Так як це супермаркет – продукт зберігається там протягом 2-3 днів, після чого реалізується. Місткість холодильних і морозильних камер визначаю в залежності від норм навантаження на  $1\text{ м}^2$  будівельної площі.

В залежності від типу продукта норма навантаження на  $1\text{ м}^2$  відрізняється:

М'ясо –  $0.15\text{ т/м}^2$ ;

Риба –  $0.3\text{ т/м}^2$ ;

Молочні продукти –  $0.3\text{ т/м}^2$ ;

Гастрономія –  $0.15\text{ т/м}^2$ ;

Фрукти, овочі –  $0.1\text{ т/м}^2$ ;

Місткість холодильних камер:

Камера № 1(Молочні продукти):

$$E_k = 0.3 \cdot 6.36 = 1.9\text{ т}$$

Камера № 2(Риба):

$$E_k = 0.3 \cdot 6.67 = 2\text{ т}$$

Камера № 4(М'ясо):

$$E_k = 0.15 \cdot 9.54 = 1.43\text{ т}$$

Камера № 5(Овочі);

$$E_k = 0.1 \cdot 3.96 = 0.4\text{ т}$$

Місткість камер заморозки:

Камера № 3(Риба):

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						19
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$E_k = 0.3 \cdot 7.59 = 2.27 \text{ т}$$

Камера №6(Молочні продукти):

$$E_k = 0.3 \cdot 4.15 = 1.24 \text{ т}$$

Добове надходження камер занесено в таблицю 2.2.

Назва камери	Місткість, т	Термін зберігання, дн	Добове надходження, т
№1(Молочні продукти)	1.9	3	0.63
№2(Риба)	2	3	0.66
№3(Риба)	2.27	3	0.76
№4(М'ясо)	1.43	3	0.48
№5(Овочі)	0.4	3	0.13
№6(Молочні продукти)	1.24	3	0.41

Таблиця 2.2. Добове надходження продукта в камери охолодження та заморозки.

Теплонадходження при холодильній обробці тари  $Q_{2т}$  визначається за формулою:

$$Q_{2m} = M_m \cdot c_m \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт}$$

де  $M_t$  – добове надходження тари, т/добу;

$c_t$  – питома теплоємність тари ( для металевої тари  $c_t = 0.5$ , для картонної або дерев'яної  $c_t = 2.3$ ), кДж/кгК;

$t_1$  - температура продукта, що поступає в камеру, °С;

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_1$  – температура продукта в кінці холодильної обробки, °С.

$\tau$  – час термообробки тари, год

Добове надходження тари визначається за формулою:

$$M_m = 0.15 \cdot M_{np}, m$$

Добове надходження від тари для камер охолодження та заморозки заносу до таблиці 2.3.

Назва камери	Місткість, т	Добове надходження продукта, т	Добове надходження тари, т
№1(Молочні продукти)	1.9	0.63	0.09
№2(Риба)	2	0.66	0.10
№3(Риба)	2.27	0.76	0.11
№4(М'ясо)	1.43	0.48	0.07
№5(Овочі)	0.4	0.13	0.02
№6(Молочні продукти)	1.24	0.41	0.06

Таблиця 2.3. Добове надходження тари в камери охолодження та заморозки.

Тоді розрахунок теплонадходжень від продукта при його термічній обробці  $Q_{2пр}$  заносу до таблиці 2.4

Назва камери	Добове надходження продукта, т	Ентальпія продукта, що надходить, кДж/кг	Ентальпія продукта в кінці термообробки, кДж/кг	$Q_{2пр}$ , кВт

№1(Молочні продукти)	0.63	359	327	0.93
№2(Риба)	0.66	301	273	0.86
№3(Риба)	0.16	33.6	0	0.25
№4(М'ясо)	0.47	265	238	0.59
№5(Овочі)	0.13	366	287	0.48
№6(Молочні продукти)	0.09	32.7	0	0.14
Для холодильних камер $Q_{2пр} = 2.86$ кВт; для морозильних $Q_{2пр} = 0.39$ кВт				

Таблиця 2.4. Теплонадходження при холодильній обробці продукта для холодильних та морозильних камер.

Розрахунок теплонадходжень при холодильній обробці тари заносу до таблиці 2.5.

Назва камери	Добове надходження тари, т	Теплоємність тари, кДж/кгК	Температура продукта, що надходить, °С	Температура тари в кінці термообробки, °С	$Q_{2т}$ , кВт
№1(Молочні продукти)	0.09	0.5	+25	+2	0.048
№2(Риба)	0.10	0.5	+25	+2	0.053
№3(Риба)	0.11	0.5	+25	-20	0.115
№4(М'ясо)	0.07	0.5	+25	+2	0.037
№5(Овочі)	0.02	2.3	+25	+6	0.040
№6(Молочні продукти)	0.06	0.5	+25	-20	0.063
Для холодильних камер $Q_{2т} = 0.18$ кВт; для морозильних $Q_{2т} = 0.18$ кВт					

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для холодильних камер  $Q_2 = 3.04 \text{ кВт}$ ; для морозильних  $Q_2 = 0.57 \text{ кВт}$

Таблиця 2.5. Теплонадходження при холодильній обробці тари для холодильних та морозильних камер.

### Теплонадходження від вентиляції приміщення $Q_3$

Цей вид теплонадходжень розраховується тільки в разі наявності примусової вентиляції приміщення. Так, як розмір камер досить малий з частим відкриттям дверей – примусова вентиляція в таких камерах відсутня і тому розрахунок даних теплонадходжень не розглядається.

### Експлуатаційні теплонадходження $Q_4$

Експлуатаційні теплонадходження утворюються в результаті багатьох чинників:

- теплонадходження від освітлення  $q_1$ , кВт;
- теплонадходження від людей, які працюють в даній камері  $q_2$ , кВт;
- теплонадходження від працюючих електродвигунів та електронагрівачів  $q_3$ , кВт.
- теплонадходження від відкриття дверей (інфільтрації)  $q_4$ , кВт;

Сумарні експлуатаційні теплонадходження визначаються за формулою:

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

Теплонадходження від освітлення  $q_1$  визначаються за формулою:

$$q_1 = AF, \text{ кВт}$$

де  $A$  – питома теплонадходження від освітлення,  $\text{Вт/м}^2$ ;

Для камер термообробки питома теплонадходження від освітлення –  $2.3 \text{ Вт/м}^2$

Теплонадходження від людей  $q_2$  визначаються за формулою:

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_2 = 0.35 \cdot n$$

де  $n$  – кількість працюючих людей. Для всіх камер приймаю кількість працюючих людей  $n=1$ .

Так як в таких камерах персонал не працює весь день, приймаю що в камері людина перебуває 6 годин на добу.

Теплонадходження від електродвигунів та електрообігрівачів  $q_3$  визначається за формулою:

$$q_3 = N_{ел}, кВт$$

де  $N_{ел}$  – сумарна потужність електродвигунів та тенів.

Всі камери оснащені електричними тенами для відтайки повітроохолодників. Приймаю для камер охолодження розрахункову потужність тенів 1.5 кВт, для камер заморозки – 2.5 кВт. Відтайка відбувається 4 рази на день по 30 хв для камер охолодження та 3 рази по 30 хв для камер заморозки. Тому за день від електротенів в камеру охолодження надходить  $1.5 \cdot (2/24) = 0.12$  кВт теплоти, а в камеру заморозки –  $2.5 \cdot (1.5/24) = 0.16$  кВт. Електродвигуни в всіх камерах є досить малої потужності, тому умовно для всіх камер приймаю загальні теплоприпливи від електродвигунів 0.15 кВт.

Теплонадходження від відкриття дверей (інфільтрації) визначаються за формулою:

$$q_4 = VF, кВт$$

де  $V$  – питома теплонадходження від відкриття дверей, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  – площа камери, м<sup>2</sup>;

Питома теплонадходження від відкриття дверей з висотою камери 2.5м для холодильних камер -9.6 Вт/м<sup>2</sup>, морозильних – 13.3

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Експлуатаційні теплонадходження для камер охолодження та заморозки заносу до таблиці 2.6

Назва камери	q <sub>1</sub> , кВт	q <sub>2</sub> , кВт	q <sub>3</sub> , кВт	q <sub>4</sub> , кВт	Q <sub>4</sub> , кВт
№1(Молочні продукти)	0.01	0.09	0.27	0.06	0.43
№2(Риба)	0.02	0.09	0.27	0.06	0.44
№3(Риба)	0.02	0.09	0.31	0.10	0.52
№4(М'ясо)	0.02	0.09	0.27	0.09	0.47
№5(Овочі)	0.01	0.09	0.27	0.04	0.41
№6(Молочні продукти)	0.01	0.09	0.31	0.06	0.47
Для холодильних камер Q <sub>4</sub> = 1.75 кВт, для морозильних Q <sub>4</sub> = 0.16 кВт					

Таблиця 2.6. Експлуатаційні теплонадходження для холодильних та морозильних камер.

#### Теплонадходження від дихання фруктів та овочів Q<sub>5</sub>.

В даному супермаркеті є лише одна камера для зберігання овочів та фруктів, яка має будівельну площу 3.96 м<sup>2</sup>. Так як загальна площа камери досить мала, то і теплонадходження від дихання фруктів також будуть мізерними. Тому даними теплонадходженнями можна знехтувати.

Загальні теплонадходження від камер охолодження та замороження заносу до таблиці 2.7.

Назва камери	Q <sub>1</sub> , кВт	Q <sub>2</sub> , кВт	Q <sub>4</sub> , кВт	ΣQ, кВт
№1(Молочні продукти)	0.31	0.98	0.43	1.72

№2(Риба)	0.32	0.91	0.44	1.67
№3(Риба)	0.53	0.36	0.52	1.41
№4(М'ясо)	0.4	0.63	0.47	1.5
№5(Овочі)	0.19	0.52	0.41	1.12
№6(Молочні продукти)	0.37	0.20	0.47	1.04
Для холодильних камер $\Sigma Q=6.01$ кВт, для морозильних $\Sigma Q=2.45$ кВт				

Таблиця 2.7. Сумарне теплонадходження від холодильних та морозильних камер.

### Теплонадходження від холодильних меблів.

Так як інформація про фірму-виробника холодильних меблів відсутня – визначити точне значення необхідної кількості холоду для них досить складно. Тому беру орієнтовні значення на основі аналогічних меблів інших виробників. Проаналізувавши наявні пропозиції в інших виробників, я визначив, що в середньому необхідна холодопродуктивність на 1 метр погонний обладнання складає:

Для вітрини холодильної – 0.3-0.45 кВт на 1мп(приймаю 0.4);

Для регала – 0.3-0.5 кВт на 1мп (приймаю 0.45), овочевий – 1.68 кВт на 1мп;

Для регала-вітрини – 1.38 кВт на 1мп;

Вітрина кутова 90 – 0.4 кВт

Тепловий баланс холодильних меблів в торговому залі наведено в таблиці 2.8.

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція на плані	Найменування обладнання	Хол-сть Q <sub>0</sub> , кВт	Тем-ра t <sub>0</sub> , °C	Температура в об'ємі, °C
P1	Регал 2500x962x2090	1.125	-9	+ 6 + 8
P2	Регал 1875x962x2090	0.844	-9	+ 6 + 8
P3	Регал 1250x962x2090	0.563	-8	+2 + 4
P4	Регал 2500x962x2090	1.125	-8	+2 + 4
P5	Регал 2500x962x2090	1.125	-8	+2 + 4
P6	Регал 1250x962x2090	0.563	-8	+2 + 4
P7	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P8	Регал 2500x962x2090	1.125	-8	+2 + 4
P9	Регал 940x962x2090	1.579	-6	+ 6 + 8
P10	Регал 2500x962x2090	4.200	-6	+ 6 + 8
P11	Регал 2500x962x2090	4.200	-6	+ 6 + 8
P12	Регал 1250x962x2090	0.563	-8	+2 + 4
P13	Регал 940x962x2090	0.423	-8	+2 + 4
P14	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P15	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P16	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P17	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P18	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P19	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P20	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P21	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P22	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
P23	Регал 1250x962x2090	0.563	-8	+2 + 4
P24	Регал 940x962x2090	0.423	-8	+2 + 4
P25	Регал 1250x962x2090	0.563	-8	+2 + 4
P26	Регал 1875x962x2090	0.844	-8	+2 + 4
PB1	Регал-вітрина Gracia PZ cascade	2.236	-8	+2 + 4
PB2	Регал-вітрина 1250x1211x1600	1.725	-8	+2 + 4
PB3	Регал-вітрина Gracia PZ cascade	2.236	-8	+2 + 4
PB4	Регал-вітрина 1250x1211x1600	1.725	-8	+2 + 4
PB5	Регал-вітрина 1250x1211x1600	1.725	-8	+2 + 4
PB6	Регал-вітрина 1875x1211x1600	2.588	-8	+2 + 4
PB7	Регал-вітрина 1875x1211x1600	2.588	-8	+2 + 4
B1	Вітрина кондитерська 900x800x1290	0.360	-8	+2 + 4
B2	Вітрина кутова 90	0.400	-8	+2 + 4
B3	Вітрина кутова 90	0.400	-8	+2 + 4
B4	Вітрина холодильна 2500x1211x1221	1.000	-8	+2 + 4
B5	Вітрина холодильна 1875x1211x1221	0.750	-8	+2 + 4
B6	Вітрина холодильна 1250x1211x1221	0.500	-8	+2 + 4

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B7	Вітрина кутова 90	0.400	-8	+2 + 4
B8	Вітрина кутова 90	0.400	-8	+2 + 4
B9	Вітрина холодильна 1560x1211x1221	0.624	-8	+2 + 4
B10	Вітрина холодильна 1250x1211x1221	0.500	-8	+2 + 4
B11	Вітрина холодильна 1875x1211x1221	0.750	-8	+2 + 4
B12	Вітрина кутова 90	0.400	-8	+2 + 4
Всього Qo, кВт	49.568			

Таблиця 2.8. Теплове навантаження на холодильне обладнання в торговому залі.

### 3. Визначення навантаження на обладнання камер та компресори

Навантаження на камерне обладнання та холодильне обладнання в торговому залі дорівнює 100% теплонадходжень до них.

Навантаження на компресор враховується не повністю. Так як, в торговому залі є досить багато одиниць обладнання, а в технічній зоні досить багато камер, то навантаження на компресор враховується з урахуванням коефіцієнта неодночасного використання. Для холодильних камер та обладнання в торговому залі цей коефіцієнт дорівнює 85% від сумарного теплового навантаження від холодильних камер та обладнання в торговому залі. Для морозильних камер, так як їх досить небагато, цей коефіцієнт дорівнює 95% від сумарного теплового навантаження на морозильні камери.

Так, як система охолодження централізована, то приймаю, що для холодопостачання торгового залу та холодильних камер використовую середньотемпературну централь(СТЦ), а для холодозабезпечення морозильних камер використовую компресорно-конденсаторний агрегат(ККА).

Навантаження на камерне обладнання, холодильне обладнання в торговому залі та компресор заношу до таблиці 3.1.

Назва системи	Теплове навантаження, $Q_0$ , кВт	Навантаження на камерне обладнання, $Q_0$ , кВт	Навантаження на компресор, $Q_{KM}$ , кВт
Холодильні камери	6.01	6.01	5.1
Морозильні камери	2.45	2.45	2.33
Обладнання в залі	49.568	49.568	42.13
Сумарне навантаження на компресори СТЦ – 47.23 кВт			
Сумарне навантаження низькотемпературний ККА – 2.33 кВт			

Таблиця 3.1. Навантаження на камерне обладнання та компресор від холодильних та морозильних камер, обладнання в залі.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### **4. Вибір розрахункового режиму роботи установки, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини.**

##### **Тепловий розрахунок холодильних установок.**

В якості холодоагента використовую фреон R-507. Свій вибір аргументую поширеністю даного холодоагента в сфері комерційного холоду. Він має досить низький показник GWP(3900) та нульовий показник ODP(потенціал руйнування озонового шару). Він є не токсичним та не горючим, тому вимоги до техніки безпеки є менш жорсткими, ніж CO<sub>2</sub> та для R717. Робочі тиски оптимальні, що дозволяє застосовувати для обох холодильних установок одноступеневу систему. Також через поширеність даного хладону – знайти та закупити його, в разі непередбаченого витоку, досить просто.

##### **Вибір температури конденсації.**

Так, як в даній холодильній установці для СТЦ я використовую повітряний конденсатор, то підбір температури конденсації виконую згідно рекомендацій для даного типу конденсатора.

$$t_k = t_{nc} + 10...15^{\circ}C$$

Для СТЦ:

$$t_k = 32 + 13 = 45^{\circ}C$$

Для низькотемпературного ККА:

$$t_k = 32 + 13 = 45^{\circ}C$$

##### **Вибір температури кипіння.**

Охолодження всіх споживачів СТЦ здійснюється за допомогою повітроохолоджувачів з примусовою циркуляцією повітря. Виконую підбір температури кипіння згідно рекомендацій для даного типу випарника.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_0 = t_{кам} - 5...10^0C$$

Так, як для обладнання в торговому залі є рекомендована температура кипіння, буду орієнтуватись на неї. В даній СТЦ використовую дві температури кипіння: для овочевої камери та регалів використовую температуру кипіння –  $-6^0C$ , для всіх інших споживачів холода –  $-9^0C$ . Для овочевої камери та регалів регулювання температури кипіння буде здійснюватись за допомогою регулятора тиску кипіння Danfoss KVP.

Для низькотемпературного ККА приймаю температуру кипіння  $-28^0C$

### **Вибір температури всмоктування.**

Температура всмоктування залежить від декількох чинників, а саме:

$$t_{вс} = t_0 + (t_k + t_{тр} + t_{км}),^0C$$

де  $t_k$  – корисний перегрів в приладах охолодження,  $^0C$ ;

$t_{тр}$  – шкідливий перегрів, який в ході проходження парів холодоагенту через труби,  $^0C$ ;

$t_{км}$  –шкідливий перегрів, який виникає в самому компресорі,  $^0C$ ;. Цей показник регламентується індикаторним ККД компресорів, тому його не враховую.

Температура всмоктування для низькотемпературного ККА:

$$t_{вс} = -28 + 7 + 5 = -16^0C$$

Для СТЦ температура всмоктування буде залежати від точки змішування потоків холодоагента. Розрахунок точки змішування та температури всмоктування наведено нижче.

### **Вибір температури переохолодження.**

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температуру переохолодження на виході з конденсатора в обох установках приймаю 2 °С. Тоді температура переохолодження буде:

$$t_{no} = t_{\kappa} - 2 = 45 - 2 = 43^{\circ}\text{C}$$

По характерним точкам циклу будує цикл в діаграмі i-lgP для СТЦ та низькотемпературного ККА.

Заношу параметри вузлових точок для СТЦ в таблицю 4.1.

№	Температура t, °С	Тиск P, МПа	Питомий об'єм v, м³/кг	Ентальпія h, кДж/кг
1	-3.9	0.46	0.043	363.65
1'	1	0.45	0.046	367.8
2	66	2.11	0.010	400.9
3	43	2.19	-	257.2
4	-6	0.52	0.015	257.2
5	-1	0.52	0.038	364.7
6	-9	0.46	0.017	257.2
7	-4	0.46	0.042	363.4

Таблиця 4.1. Параметри вузлових точок для СТЦ.

Знаходжу питому холодопродуктивність циклу СТЦ для температури кипіння -9 °С:

$$q_{0m} = h_7 - h_6 = 363.4 - 257.2 = 106.2 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Знаходжу питому холодопродуктивність циклу СТЦ для температури кипіння -6 °С:

$$q_{0m} = h_5 - h_4 = 364.7 - 257.2 = 107.5 \text{ кДж} / \text{кг}$$

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маючи питомі холодопродуктивності циклу для різних температур кипіння, знаходжу масові витрати холодоагенту через споживачі з даними температурами кипіння.

Масова витрата холодоагенту через випарники з температурою кипіння - 9<sup>0</sup>С:

$$m_1 = \frac{Q_0}{q_{0m}} = \frac{44.48}{106.2} = 0.42 \text{ кг / с}$$

де  $Q_0$  – сумарне теплове навантаження від випарників з температурою кипіння -9<sup>0</sup>С

Масова витрата холодоагенту через випарники з температурою кипіння - 6<sup>0</sup>С:

$$m_2 = \frac{Q_0}{q_{0m}} = \frac{11.09}{107.5} = 0.10 \text{ кг / с}$$

де  $Q_0$  – сумарне теплове навантаження від випарників з температурою кипіння -6<sup>0</sup>С

Потік холодоагента, який кипить при -6<sup>0</sup>С, проходить через регулятор тиску кипіння, де його тиск падає до тиску кипіння при -9<sup>0</sup>С. В даній точці потоки холодоагентів змішуються та нагнітаються компресором. Знаходжу ентальпію точки змішування:

$$M = m_1 + m_2 = 0.42 + 0.1 = 0.52 \text{ кг / с};$$

де  $M$  – загальна витрата холодоагенту для СТЦ.

$$Mh_1 = m_1h_7 + m_2h_5;$$

$$h_1 = \frac{m_1h_7 + m_2h_5}{M} = \frac{0.42 \cdot 363.4 + 0.1 \cdot 364.7}{0.52} = 363.65 \text{ кДж / кг}$$

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаю втрати тиску на лінію всмоктування еквівалентні 1К температури насиченої пари. Тоді реальна температура всмоктування буде:

$$t_{ec} = -3.9 + 5.9 - 1 = 1^{\circ}\text{C}$$

Знаходжу теоретичну об'ємну витрату холодоагента необхідну для заданого температурного режиму:

$$V = Mv_1 = 0.52 \cdot 0.046 = 0.024 \text{ м}^3 / \text{с} = 86.4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Використовуючи діаграму коефіцієнта подачі компресорів в залежності від відношення тиску конденсації до тиску кипіння визначаю коефіцієнт подачі.

$$\pi = 4.68; \lambda = 0.7$$

Тоді знаходжу дійсну необхідну об'ємну витрату компресорів для СТЦ:

$$V' = \frac{V}{\lambda} = \frac{86.4}{0.7} = 123.42 \text{ м}^3 / \text{год}$$

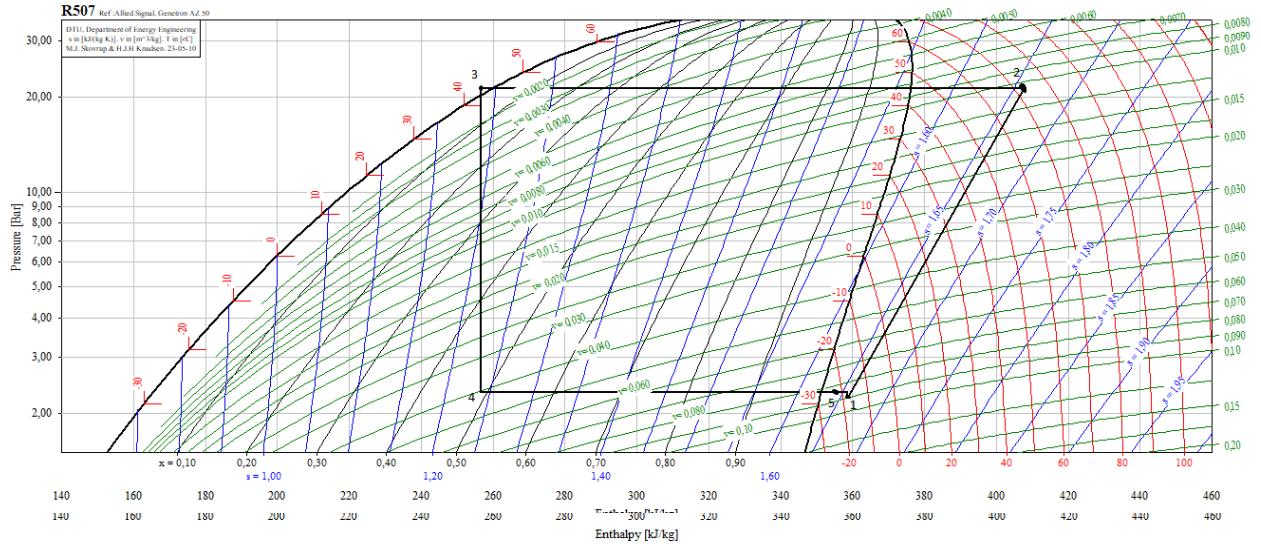
Визначаю теоретичну питому роботу компресора для СТЦ:

$$l = h_2 - h_1 = 400.9 - 367.8 = 33.5 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Тоді теоретичний холодильний коефіцієнт для СТЦ буде:

$$COP = \frac{q_{0m}}{l} = \frac{106.2}{33.5} = 3.17$$

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Мал. 4.1 Цикл СТЦ в і-1gP діаграмі.

№	Температура t, °C	Тиск P, МПа	Питомий об'єм v, м <sup>3</sup> /кг	Ентальпія h, кДж/кг
1	-18	0.22	0.090	358.6
2	73	2.12	0.010	407.7
3	43	2.12	-	256.6
4	-28	0.23	0.040	256.6
5	-23	0.23	0.084	355.0

Таблиця 4.2. Параметри вузлових точок для низькотемпературного ККА.

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

00 БКР 142.004.002.ПЗ

Арк.

35

Мал. 4.2 Цикл низькотемпературного ККА в i-lgP діаграмі.

Знаходжу холодопродуктивність циклу для низькотемпературного ККА:

$$q_{0m} = h_5 - h_4 = 355 - 256.6 = 98.4 \text{ кДж / кг}$$

Знаходжу масову витрату холодоагента для низькотемпературного ККА:

$$M = \frac{Q_0}{q_{0m}} = \frac{2.33}{98.4} = 0.024 \text{ кг / с}$$

Знаходжу теоретичну об'ємну витрату холодоагента необхідну для заданого температурного режиму:

$$V = Mv_1 = 0.024 \cdot 0.090 = 0.0021 \text{ м}^3 / \text{с} = 7.56 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Використовуючи діаграму коефіцієнта подачі компресорів в залежності від відношення тиску конденсації до тиску кипіння визначаю коефіцієнт подачі.

$$\pi = 9.63; \lambda = 0.43$$

Тоді знаходжу дійсну необхідну об'ємну витрату компресорів для низькотемпературного ККА:

$$V' = \frac{V}{\lambda} = \frac{7.56}{0.43} = 17.58 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Визначаю теоретичну питому роботу компресора для низькотемпературного ККА:

$$l = h_2 - h_1 = 407.7 - 358.6 = 49.1 \text{ кДж / кг}$$

Тоді теоретичний холодильний коефіцієнт для низькотемпературного ККА буде:

$$COP = \frac{q_{0m}}{l} = \frac{98.4}{49.1} = 2.00$$

Параметри теплового розрахунку циклу заносу до таблиці 4.3.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва системи	$q_{0m}$ , кДж/кг	$M$ , кг/с	$V$ , м <sup>3</sup> /год	$V'$ , м <sup>3</sup> /год	$l$ , кДж/кг	COP
СТЦ	106.2	0.52	86.4	123.42	33.5	3.17
ККА	98.4	0.024	7.56	17.58	49.1	2.00

Таблиця 4.3. Тепловий розрахунок циклу.

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
						37
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5. Розрахунок та підбір компресорів холодильної машини.

Маючи необхідну об'ємну продуктивність компресорів – підбираю компресори за допомогою програми Bitzer Software. Для СТЦ підбираю централь на базі 3х поршевих компресорів. Розподілення по потужності наступне:

50% - 1й компресор;

25% - 2й компресор;

25% - 3й компресор.

В результаті підбору компресорів обираю наступні компресори:

1 – Bitzer 4JE-15Y

2 – Bitzer 4CES-6Y

3 – Bitzer 4CES-6Y

Компресор Bitzer 4JE-15Y оснащений системою регулювання продуктивності VARISTEP. Регулювання всієї установки відбувається шляхом вмикання/вимикання одного або декількох компресорів.

Загальна об'ємна продуктивність всіх компресорів:  $63.5+32.48+32.48 = 128.46$  м<sup>3</sup>/год

Максимальне електроспоживання всіх компресорів:  $19+9.7+9.7=38.4$  кВт.

Детальні характеристики кожного з компресорів наведено в мал. 5.1-5.2

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

[2] BITZER Software v6.18.0 rev2811

Проект    Способ    Опции    Окно

Украина    Русский    SI

Полугерметичные поршневые компрессоры

Режим: Охлаждение и кондицио

Хладагент: R507A

Темп., используемая в: Темп. "точки росы"

способ вычисления: 1 рабочая точка

тип компрессора: Одиночный компрессор

Серии: Стандарт

Версия мотора: все

Подбор компрессора

Холодопроизвод-сть: 65 kW

модель компрессора

Регулирование: Ступенчатое

Кол-во компрессоров: 3

1.1 4JE-15Y incl. CR

1.2 4CES-6Y incl. CR

1.3 4CES-6Y incl. CR

Рабочая точка

to [°C]    tc [°C]

A    -9    45

Условия функционирования

Метод переохлаждения: Естественное

Переохлаждение (в конденсаторе): 2 K

Темп. всасываемых паров: 1 °C

Полезный перегрев: 100 %

Режим эксплуатации: Авто

Электропитание

Частота питания: 50Hz

Напряжение питания: 400V

Показать Общий обзор

Результат    Пределы    Технические данные    Размеры    Информация    Документация    Обучения

**Технические данные** 4JE-15Y

**Технические параметры**

Объемная производ-сть (1450 об/мин 50Гц)	63.5 м³/ч
Объемная производ-сть (1750 об/мин 60Гц)	76.64 м³/ч
Число цилиндров x Диаметр x Ход поршня	4 x 65 mm x 55 mm
Вес	192 kg
Макс. избыточное давление (НД/ВД)	19 / 32 bar
Присоединение линии всасывания	42 mm - 1 5/8"
Присоединение линии нагнетания	28 mm - 1 1/8"
Тип масла для R134a/R404A/R507A/R407C/R407F	BSE32(Standard)   R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Тип масла для R22 (R12/R502)	B5.2(Option)
Тип масла для R1234yf	BSE32 (Standard)   R1234yf tc>70°C : BSE55 (Option)
Тип масла для R1234ze	BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Opti
Тип масла для R454C/R455A	BSE32 (Standard)
Тип масла для R515B	BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Opti

**Параметры мотора**

Версия мотора	2
Напряжение мотора (др. по запросу)	380-420V PW-3-50Hz
Максимальный рабочий ток	30.8 A
Соотношение обмоток	50/50
Пусковой ток (ротор заблокирован)	97.0 A Y / 158.0 A YY
Max. энергопотребление	19.0 kW

**Комплект поставки**

Защита мотора	SE-B3(Standard), SE-B2(Option), CM-RC-01(Option)
Класс защиты	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Антивибрационные демпферы	Standard
Заправка масла	4,00 dm³
Запорный вентиль на нагнетании	Standard
Запорный вентиль на всасывании	Standard

**Доступные опции**

Датчик температуры нагнетания	Option
Стартовая разгрузка	Option
Регулирование производительности	100-50% (Option)
Плавное регулирование производ-сти	100-10% (Option)
Дополнительный вентилятор	Option
Refrigerant Injection (RI)	Option
Сервисный масляный клапан	Option
Подогреватель масла в картере	140 W (Option)
Контроль давления масла	MP54 (Option), Delta-PII

**Измерения шумовых параметров**

Уровень звуковой мощности (L10°C /45°C) @50Гц	77.5 A(BA) @50Hz
---	------------------

16:48  
16.05.2023

Мал. 5.1 Технічні характеристики напівгерметичного поршневого компресора Bitzer 4JE-15Y

									Арк.
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.002.ПЗ				

[1] BITZER Software v6.18.0 rev2811

Проект Способ Опции Окно

Украина Русский SI

Полугерметичные поршневые компрессоры

Режим: Охлаждение и кондицио

Хладагент: R507A

Темп., используемая в: Темп. "точки росы"

способ вычисления: 1 рабочая точка

тип компрессора: Одиночный компрессор

Серии: Стандарт

Версия мотора: все

Подбор компрессора

Холодопроизвод-сть: 65 kW

модель компрессора

Регулирование: Ступенчатое

Кол-во компрессоров: 3

1.1 4JE-15Y incl. CR

1.2 4CES-6Y

1.3 4CES-6Y

Рабочая точка

to [°C] tc [°C]

A -9 45

Условия функционирования

Метод переохлаждения: Естественное

Переохлажд-е (в конденса): 2 K

Темп. всасываемых па: 1 °C

Полезный перегрев: 100 %

Режим эксплуатации: Авто

Электроснабжение

Частота питания: 50Hz

Напряжение питания: 400V

Показать Общий обзор

Технические данные 4CES-6Y

**Технические параметры**

Объемная произв-сть (1450 об/мин 50Гц)	32,48 m3/h
Объемная произв-сть (1750 об/мин 60Гц)	39,20 m3/h
Число цилиндров x Диаметр x Ход поршня	4 x 55 mm x 39,3 mm
Вес	99 kg
Макс. избыточное давление (НД/ВД)	19 / 32bar
Присоединение линии всасывания	28 mm - 1 1/8"
Присоединение линии нагнетания	22 mm - 7/8"
Тип масла для R134a/R404A/R507A/R407A/R407C/R407F	BSE32(Standard)   R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Тип масла для R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)
Тип масла для R1234yf	BSE32 (Standard)   R1234yf tc>70°C: BSE55 (Option)
Тип масла для R1234ze	BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Option)
Тип масла для R454C/R455A	BSE32 (Standard)
Тип масла для R515B	BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Option)

**Параметры мотора**

Версия мотора	2
Напряжение мотора (др. по запросу)	380-420V Y-3-50Hz
Максимальный рабочий ток	17.7 A
Пусковой ток (ротор заблокирован)	82.4 A
Max. энергопотребление	9,7 kW

**Комплект поставки**

Защита мотора	SE-B3(Standard), SE-B2(Option)
Класс защиты	IP66
Антивибрационные демпферы	Standard
Заправка масла	2,00 dm³
Запорный вентиль на нагнетании	Standard
Запорный вентиль на всасывании	Standard

**Доступные опции**

Датчик температуры нагнетания	Option
Регулирование производительности	100-50% (Option)
Плавное регулирование производсти	100-10% (Option)
Дополнительный вентилятор	Option
Подогреватель масла в картере	0..120 W PTC (Option)
Контроль уровня масла	OLC-K1 (Option)

**Измерения шумовых параметров**

Уровень звуковой мощности (-10°C/45°C) @50Гц	74,1dB(A) @ 50Hz
Уровень звуковой мощности (-35°C/40°C) @50Гц	76,5 dB(A) @ 50Hz
Уровень звукового давления @1м (-10°C/45°C) @50Гц	66,11dB(A) @ 50Hz
Уровень звукового давления @1м (-35°C/40°C) @50Гц	68,5 dB(A) @ 50Hz

13:57  
16.05.2023

Мал. 5.2 Технічні характеристики напівгерметичного поршневого компресора Bitzer 4CES-6Y.

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.002.ПЗ				



## 6. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів.

### Підбір конденсаторів.

Так, як ККА вже оснащений необхідним конденсатором, то підбір конденсатора здійснюю лише для СТЦ.

Загальне теплове навантаження на конденсатор визначається за формулою:

$$Q_k = Q_0 + N_e, \text{ кВт}$$

де  $Q_0$  – загальне теплове навантаження від всіх споживачів холоду, кВт;

$N_e$  – загальне електроспоживання всіх компресорів, кВт.

$$Q_k = 55.7 + 38.4 = 94.1, \text{ кВт}$$

За допомогою програми підбору MyGuntner обираю повітряний конденсатор фірми Guntner GCHC RD 050.2/14-51-4240259M.

Детальні характеристики наведено на мал. 6.1

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Condenser GCHC RD 050.2/14-51-4240259M



Bid text

Material recommendations

Capacity:	94.1 kW <sup>(1)</sup>	Refrigerant:	R507A <sup>(2)</sup>
Air flow:	30128 m <sup>3</sup> /h	Hot gas temp.:	69.9 °C
Air inlet:	32.0 °C 60 %	Condensation temp. (dew pt.):	45.1 °C
Altitude:	179.0 m	Condensate outlet:	42.6 °C
Air velocity:	2.9 m/s	Hot gas flow:	19.43 m <sup>3</sup> /h
Heat transf. coeff.:	41.82 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Mass flow:	2243 kg/h
		Pressure drop:	0.78 bar / 1.55 K
Fans (AC):	4 Piece(s) 3~400V 50HzΔ(Y)		
Data per motor (nominal data):		Noise pressure level:	51 dB(A) in 10.0 m <sup>(4)</sup>
Speed:	1390 min-1 / (1180 min-1)	Noise power level:	83 dB(A)
Capacity(el.):	0.72 kW	ErP:	Compliant <sup>(5)</sup>
Current:	1.41 A <sup>(3)</sup>		
Total el. power consumption:	2.76 kW	Energy efficiency class:	D
Casing:	Galv. Steel, RAL 7035	Tubes:	Copper <sup>(6)</sup>
Surface:	240.9 m <sup>2</sup>	Fins:	Aluminum <sup>(6)</sup>
Tube volume:	20.8 l	Connections per unit:	
Fin spacing:	2.10 mm	Inlet connection:	42.0 * 1.80 mm
Passes:	4	Outlet:	42.0 * 1.80 mm
Dry weight:	252 kg <sup>(8)</sup>	Distributions:	32
Max. operating pressure:	32.0 bar	PED classification:	Category I, module A <sup>(7)</sup>
Dimensions: <sup>(8)</sup>			
Length:	3684 mm		
Width:	888 mm		
Height:	919 mm <sup>(8)</sup>		
No. legs:	4		

- Enter Customer Data
- Input Data
- Recalculate
- Night operation
- Unit selection
- Available spareparts
- Available documents
- Add to cart
- Send request

2023-04-24, PL 1/2023, GPC.EU Customer 2023.8-274 (64 Bit)



Мал. 6.1 Технічні характеристики повітряного конденсатора Guntner GCHC RD 050.2/14-51-4240259M.

						00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			43


## Підбір повітроохолоджувачів.

Підбір повітроохолоджувачів здійснюю лише для холодильних та морозильних камер, так як холодильне обладнання в залі вже оснащено необхідними випарниками.

Підбір повітроохолоджувачів здійснюю в програмі підбору Plair Lu-ve.

Для камери № 1 обираю повітроохолоджувач фірми Lu-ve F27MCEA-12-7 AL - /A

Технічні характеристики наведено на малюнку 6.2.

Technical Specification			
F27MCEA-12-7 AL - /A			
APPLICATION	PRODUCT TYPE	CALCULATION DATE	DUTY MODE
HFC Direct Expansion	Optigo FMC	16.05.2023	DESIGN
LABEL			
DESIGN-DX-R507A-AC-[5.5,6.0,7.0,8.0,9.0,10.0,12.0]-[]-AL-49235889			
<b>Thermal Data</b> <sup>(5), (13), (14), (15)</sup>			
Required Capacity	1.72 kW	Calculated Capacity	1.90 kW
Margin	10.5 %	Sensible Heat Ratio	0.72
Condensate	0.8 kg/h	Evaporating Temperature	-9.0 °C
DTM	8.7 Δ°C	Ref Temperature Liquid	43.0 °C
<b>Air Data</b>			
Air Temperature ON/OFF	2.0 °C / -2.2 °C	Air Flow	1000 m <sup>3</sup> /h
Air ON/OFF Relative humidity	85.0 % / 94.2 %	Air Velocity	2.1 m/s
DT1 (AirOnTemp-EvapTemp)	11.0 Δ°C	Air Throw	12 m
<b>Fluid</b>			
Fluid	R507A		
<b>Fan Data</b>			
Fan Type	AC	Number of fans	1
Fan Diameter	275 mm	Rotation Speed	1450 rpm
ErP 2015	Yes	External Pressure	0 Pa
<b>Electrical Fan Data</b>			
Power Supply	230V / Single / 50 Hz / S	Tot. Nom. Power	85 W
Min/Max Work. Temp.	-40.0 °C / 40.0 °C	Tot. Nom. Current <sup>(2)</sup>	0.6 A
Full Load Current	0.7 A		
<b>Sound Level</b>			
Sound Power Level	62 dB(A)	Sound Pressure Level <sup>(1)</sup>	41 dB(A)

Мал. 6.2 Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-12-7 AL - /A

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Для камери №2 обираю повітроохолоджувач фірми Lu-ve F27MCEA-12-7 AL - /A

Технічні характеристики даного повітроохолоджувача наведено на мал. 6.3

## Technical Specification

F27MCEA-12-7 AL - /A



APPLICATION	PRODUCT TYPE	CALCULATION DATE	DUTY MODE
HFC Direct Expansion	Optigo FMC	16.05.2023	DESIGN
LABEL			
DESIGN-DX-R507A-AC-[5.5,6.0,7.0,8.0,9.0,10.0,12.0]-[]-AL-49235889			

<b>Thermal Data</b> <sup>(5), (13), (14), (15)</sup>			
Required Capacity	1.67 kW	Calculated Capacity	1.90 kW
Margin	13.8 %	Sensible Heat Ratio	0.72
Condensate	0.8 kg/h	Evaporating Temperature	-9.0 °C
DTM	8.7 Δ°C	Ref Temperature Liquid	43.0 °C
<b>Air Data</b>			
Air Temperature ON/OFF	2.0 °C / -2.2 °C	Air Flow	1000 m <sup>3</sup> /h
Air ON/OFF Relative humidity	85.0 % / 94.2 %	Air Velocity	2.1 m/s
DT1 (AirOnTemp-EvapTemp)	11.0 Δ°C	Air Throw	12 m
<b>Fluid</b>			
Fluid	R507A		
<b>Fan Data</b>			
Fan Type	AC	Number of fans	1
Fan Diameter	275 mm	Rotation Speed	1450 rpm
ErP 2015	Yes	External Pressure	0 Pa
<b>Electrical Fan Data</b>			
Power Supply	230V / Single / 50 Hz / S	Tot. Nom. Power	85 W
Min/Max Work. Temp.	-40.0 °C / 40.0 °C	Tot. Nom. Current <sup>(3)</sup>	0.6 A
Full Load Current	0.7 A		
<b>Sound Level</b>			
Sound Power Level	62 dB(A)	Sound Pressure Level <sup>(2)</sup>	41 dB(A)

Мал. 6.4 Повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-12-7 AL - /A

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для камери №3 обираю повітроохолоджувач Lu-Ve F31MCEA-11-7 AL - /A.

Детальні технічні характеристики наведено на мал. 6.5

## Technical Specification

F31MCEA-11-7 AL - /A



APPLICATION	PRODUCT TYPE	CALCULATION DATE	DUTY MODE
HFC Direct Expansion	Optigo FMC	18.05.2023	DESIGN
LABEL			
DESIGN-DX-R507A-AC-[5.0,6.0,7.0,10.0,12.0]-[]-AL-49237872			

### Thermal Data<sup>(5), (13), (14), (15)</sup>

Required Capacity	1.41 kW	Calculated Capacity	1.56 kW
Margin	10.6 %	Sensible Heat Ratio	0.91
Condensate	0.2 kg/h	Evaporating Temperature	-28.0 °C
DTM	7.1 Δ°C	Ref Temperature Liquid	43.0 °C

### Air Data

Air Temperature ON/OFF	-20.0 °C / -21.8 °C	Air Flow	1800 m <sup>3</sup> /h
Air ON/OFF Relative humidity	85.0 % / 88.6 %	Air Velocity	3.5 m/s
DT1 (AirOnTemp-EvapTemp)	8.0 Δ°C	Air Throw	16 m

### Fluid

Fluid R507A

### Fan Data

Fan Type	AC	Number of fans	1
Fan Diameter	315 mm	Rotation Speed	1290 rpm
ErP 2015	Yes	External Pressure	0 Pa

### Electrical Fan Data

Power Supply	230V / Single / 50 Hz / S	Tot. Nom. Power	102 W
Min/Max Work. Temp.	-40.0 °C / 65.0 °C	Tot. Nom. Current <sup>(3)</sup>	0.5 A
Full Load Current	0.5 A		

### Sound Level

Sound Power Level	69 dB(A)	Sound Pressure Level <sup>(2)</sup>	48 dB(A)
-------------------	----------	-------------------------------------	----------

Мал.6.5 Повітроохолоджувач Lu-Ve F31MCEA-11-7 AL - /A.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Для камери №4 обираю повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-11-6 AL - /A.

Детальні технічні характеристики наведено на мал. 6.6

## Technical Specification

F27MCEA-11-6 AL - /A



APPLICATION	PRODUCT TYPE	CALCULATION DATE	DUTY MODE
HFC Direct Expansion	Optigo FMC	18.05.2023	DESIGN
LABEL			
DESIGN-DX-R507A-AC-[5.0,6.0,7.0,10.0,12.0]-[]-AL-49237872			

<span>📄</span> <b>Thermal Data</b> <sup>(5), (13), (14), (15)</sup>			
Required Capacity	1.50 kW	Calculated Capacity	1.64 kW
Margin	9.3 %	Sensible Heat Ratio	0.72
Condensate	0.6 kg/h	Evaporating Temperature	-9.0 °C
DTM	9.0 Δ°C	Ref Temperature Liquid	43.0 °C
<span>⇒</span> <b>Air Data</b>			
Air Temperature ON/OFF	2.0 °C / -1.8 °C	Air Flow	950 m <sup>3</sup> /h
Air ON/OFF Relative humidity	85.0 % / 93.2 %	Air Velocity	2.0 m/s
DT1 (AirOnTemp-EvapTemp)	11.0 Δ°C	Air Throw	11 m
<span>💧</span> <b>Fluid</b>			
Fluid	R507A		
<span>⚙️</span> <b>Fan Data</b>			
Fan Type	AC	Number of fans	1
Fan Diameter	275 mm	Rotation Speed	1450 rpm
ErP 2015	Yes	External Pressure	0 Pa
<span>⚡</span> <b>Electrical Fan Data</b>			
Power Supply	230V / Single / 50 Hz / S	Tot. Nom. Power	85 W
Min/Max Work. Temp.	-40.0 °C / 40.0 °C	Tot. Nom. Current <sup>(3)</sup>	0.6 A
Full Load Current	0.7 A		
<span>🔊</span> <b>Sound Level</b>			
Sound Power Level	62 dB(A)	Sound Pressure Level <sup>(1)</sup>	41 dB(A)

Мал. 6.6 Повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-11-6 AL - /A.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Для камери №5 обираю повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-11-7 AL - /A

Детальні технічні характеристики наведено на мал. 6.7

## Technical Specification

F27MCEA-11-7 AL - /A



APPLICATION	PRODUCT TYPE	CALCULATION DATE	DUTY MODE
HFC Direct Expansion	Optigo FMC	18.05.2023	DESIGN

### LABEL

DESIGN-DX-R507A-AC-[5.0,6.0,7.0,10.0,12.0]-[]-AL-49237872



### Thermal Data<sup>(5), (13), (14), (15)</sup>

Required Capacity	1.12 kW	Calculated Capacity	1.78 kW
Margin	58.9 %	Sensible Heat Ratio	0.66
Condensate	0.8 kg/h	Evaporating Temperature	-6.0 °C
DTM	9.9 Δ°C	Ref Temperature Liquid	43.0 °C

### Air Data

Air Temperature ON/OFF	6.0 °C / 2.0 °C	Air Flow	1000 m <sup>3</sup> /h
Air ON/OFF Relative humidity	85.0 % / 92.4 %	Air Velocity	2.0 m/s
DT1 (AirOnTemp-EvapTemp)	12.0 Δ°C	Air Throw	12 m

### Fluid

Fluid R507A

### Fan Data

Fan Type	AC	Number of fans	1
Fan Diameter	275 mm	Rotation Speed	1450 rpm
ErP 2015	Yes	External Pressure	0 Pa

### Electrical Fan Data

Power Supply	230V / Single / 50 Hz / S	Tot. Nom. Power	85 W
Min/Max Work. Temp.	-40.0 °C / 40.0 °C	Tot. Nom. Current <sup>(3)</sup>	0.6 A
Full Load Current	0.7 A		

### Sound Level

Sound Power Level	62 dB(A)	Sound Pressure Level <sup>(1)</sup>	41 dB(A)
-------------------	----------	-------------------------------------	----------

Мал. 6.7 Повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-11-7 AL - /A

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Для камери №6 обираю повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-12-6 AL - /A

Детальні технічні характеристики наведено на мал. 6.8

## Technical Specification

F27MCEA-12-6 AL - /A



APPLICATION	PRODUCT TYPE	CALCULATION DATE	DUTY MODE
HFC Direct Expansion	Optigo FMC	18.05.2023	DESIGN
LABEL			
DESIGN-DX-R507A-AC-[5.0,6.0,7.0,10.0,12.0]-[]-AL-49237872			

### Thermal Data<sup>(5), (13), (14), (15)</sup>

Required Capacity	1.02 kW	Calculated Capacity	1.18 kW
Margin	15.7 %	Sensible Heat Ratio	0.91
Condensate	0.2 kg/h	Evaporating Temperature	-28.0 °C
DTM	6.7 Δ°C	Ref Temperature Liquid	43.0 °C

### Air Data

Air Temperature ON/OFF	-20.0 °C / -22.5 °C	Air Flow	950 m <sup>3</sup> /h
Air ON/OFF Relative humidity	85.0 % / 89.8 %	Air Velocity	2.3 m/s
DT1 (AirOnTemp-EvapTemp)	8.0 Δ°C	Air Throw	11 m

### Fluid

Fluid	R507A
-------	-------

### Fan Data

Fan Type	AC	Number of fans	1
Fan Diameter	275 mm	Rotation Speed	1450 rpm
ErP 2015	Yes	External Pressure	0 Pa

### Electrical Fan Data

Power Supply	230V / Single / 50 Hz / S	Tot. Nom. Power	85 W
Min/Max Work. Temp.	-40.0 °C / 40.0 °C	Tot. Nom. Current <sup>(3)</sup>	0.6 A
Full Load Current	0.7 A		

### Sound Level

Sound Power Level	62 dB(A)	Sound Pressure Level <sup>(1)</sup>	41 dB(A)
-------------------	----------	-------------------------------------	----------

Мал. 6.8 Повітроохолоджувач Lu-Ve F27MCEA-12-6 AL - /A

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

## 7. Визначення діаметрів трубопроводів та необхідної ізоляції.

### Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Розрахунок трубопроводів для СТЦ та низькотемпературного ККА проводжу за допомогою програми Danfoss Coolselector 2.

Розрахунок загального всмоктуючого трубопроводу для СТЦ наведено на мал 7.1.

В якості загального всмоктуючого трубопроводу обираю трубу DIN-EN 54

Лінійна продуктивність: Холодопродуктивність 55,70 kW

Масова витрата в лінії: 2075 kg/h

Теплопродуктивність: 84,18 kW

Кипіння: Температура: -9,0 °C

Ефективний перегрів: 5,0 K

Додатковий перегрів: 5,0 K

Конденсація: Температура: 45,0 °C

Переохолодження: 2,0 K

Додаткове переохолодження: 0 K

Додатково:  Температура нагніта:

Критерії вибору:

Падіння тиску: За замовч. bar

Швидкість: 12,00 m/s

Падіння температури насичення: 0,020 K/m

Додаткові критерії вибору:

Довжина: 10,00 m

Кут: 0 град.

Лінія всмоктування (Система з відведенням сухої пари. R507A. Трубопроводи).

Вибір: Мідна труба DIN-EN 54

Обрано	Тип	NS	Перепад тиску [bar]	DT_насич. [K]	Перепад тиску [K/m]	Швидкість на вході [m/s]	Швидкість на виході [m/s]	Результат
<input type="radio"/>	DIN-EN 28	28	1,722	12,8	1,279	51,30	83,29	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 35	35	0,430	2,8	0,281	31,31	34,71	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 42	42	0,155	1,0	0,099	21,08	21,86	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 54	54	0,045	0,3	0,028	12,83	12,96	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 64	64	0,018	0,1	0,012	8,91	8,94	✓

Мал.7.1 Загальний всмоктуючий трубопровід СТЦ

Розрахунок загального нагнітального трубопроводу наведено на мал. 7.2

В якості загального нагнітального трубопроводу обираю трубу DIN-EN 35

Лінійна продуктивність: Холодопродуктивність 55,70 kW

Масова витрата в лінії: 2075 kg/h

Теплопродуктивність: 84,18 kW

Кипіння: Температура: -9,0 °C

Ефективний перегрів: 5,0 K

Додатковий перегрів: 5,0 K

Конденсація: Температура: 45,0 °C

Переохолодження: 2,0 K

Додаткове переохолодження: 0 K

Додатково:  Температура нагніта:

Критерії вибору:

Падіння тиску: За замовч. bar

Швидкість: 15,00 m/s

Падіння температури насичення: 0,020 K/m

Додаткові критерії вибору:

Довжина: 10,00 m

Кут: 0 град.

Лінія нагнітання (Система з відведенням сухої пари. R507A. Трубопроводи).

Вибір: Мідна труба DIN-EN 35

Обрано	Тип	NS	Перепад тиску [bar]	DT_насич. [K]	Перепад тиску [K/m]	Швидкість на вході [m/s]	Швидкість на виході [m/s]	Результат
<input type="radio"/>	DIN-EN 22	22	1,092	2,3	0,228	19,01	20,26	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 28	28	0,347	0,7	0,071	12,17	12,41	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 35	35	0,100	0,2	0,021	7,43	7,47	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 42	42	0,037	0,1	0,008	5,00	5,01	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 54	54	0,011	0,0	0,002	3,04	3,04	✓

Мал.7.2 Загальний нагнітальний трубопровід СТЦ

Розрахунок загального рідинного трубопроводу для СТЦ наведено на мал. 7.3

В якості загального рідинного трубопроводу обираю трубу DIN-EN 28

Продуктивність: Холодопродуктивність 55,70 kW, Масова витрата в лінії 1477 kg/h, Теплопродуктивність 77,52 kW

Кипіння: Температура -9,0 °C, Ефективний перегрів 5,0 K, Додатковий перегрів 5,0 K

Конденсація: Температура 45,0 °C, Переохолодження 2,0 K, Додаткове переохолодження 0 K

Додатково:  Температура нагнітання 70

Критерії вибору:  Падіння тиску: За замовч. bar,  Швидкість: 1,00 m/s,  Падіння температури насичення: 0,020 K/m

Додаткові критерії вибору: Довжина: 10,00 m, Кут: 0 град.

Рідинна лінія (Система з відведенням сухої пари. R134a. Трубопроводи).

**Вибір: Мідна труба DIN-EN 28**

Обрано	Тип	NS	Перепад тиску [bar]	DT_насич. [K]	Перепад тиску [K/m]	Швидкість на вході [m/s]	Швидкість на виході [m/s]	Результат
<input type="radio"/>	DIN-EN 16	16	0,358	1,2	0,120	2,35	2,35	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 18	18	0,186	0,6	0,062	1,80	1,80	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 22	22	0,063	0,2	0,021	1,15	1,15	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 28	28	0,021	0,1	0,007	0,74	0,74	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 35	35	0,006	0,0	0,002	0,45	0,45	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 42	42	0,002	0,0	0,001	0,30	0,30	✓

Мал.7.3 Загальний рідинний трубопровід СТЦ

Розрахунок загального всмоктуючого трубопроводу для низькотемпературного ККА наведено на мал.7.4

В якості загального всмоктуючого трубопроводу для низькотемпературного ККА обираю трубу DIN-EN 18

Продуктивність: Масова витрата в лінії 88,30 kg/h, Холодопродуктивність 2,239 kW, Теплопродуктивність 3,848 kW

Кипіння: Температура -28,0 °C, Ефективний перегрів 5,0 K, Додатковий перегрів 5,0 K

Конденсація: Температура 41,7 °C, Переохолодження 2,0 K, Додаткове переохолодження 0 K

Додатково:  Температура

Критерії вибору:  Падіння тиску: За замовч. bar,  Швидкість: 12,00 m/s,  Падіння температури насичення: 0,020 K/m

Додаткові критерії вибору: Довжина: 10,00 m, Кут: 0 град.

Лінія всмоктування (Система з відведенням сухої пари. R507A. Трубопроводи).

**Вибір: Мідна труба DIN-EN 18**

Обрано	Тип	NS	Перепад тиску [bar]	DT_насич. [K]	Перепад тиску [K/m]	Швидкість на вході [m/s]	Швидкість на виході [m/s]	Результат
<input type="radio"/>	DIN-EN 12	12	0,783	9,8	0,976	26,70	40,74	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	0,189	2,1	0,209	15,80	17,25	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 16	16	0,130	1,4	0,142	13,62	14,46	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 18	18	0,067	0,7	0,072	10,43	10,75	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 22	22	0,022	0,2	0,024	6,68	6,74	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 28	28	0,008	0,1	0,008	4,27	4,20	✓

Мал. 7.4 Загальний всмоктучий трубопровід для низькотемпературного ККА

Розрахунок загального рідинного трубопроводу наведено на мал 7.5.

В якості загального рідинного трубопроводу обираю трубу DIN-EN 8

Файл Опції Інструменти Довідка Про програму **Вибір** Звіт Специфікація Пошук Синхронізація умов роботи Копіювати вибір Знімок

Продуктивність: Масова витрата в лінії 88,30 kg/h Температура: -28,0 °C Конденсація: Температура: 41,7 °C Температури нагнітан

Холодопродуктивність: 2,239 kW Ефективний перегрів: 5,0 K Переохолодження: 2,0 K

Теплопродуктивність: 3,848 kW Додатковий перегрів: 5,0 K Додаткове переохолодження: 0 K

Критерії вибору: Падіння тиску: За замовч 1,00 bar Падіння температури насичення: 0,020 K/m Додаткові критерії вибору: Довжина: 10,00 m Кут: 0 град.

Рідина лінія (Система з відведенням сухої пари, R507A, Трубопроводи).

**Вибір: Мідна труба DIN-EN 8**

Обрано	Тип	NS	Перепад тиску [bar]	DT_насич. [K]	Перепад тиску [K/m]	Швидкість на вході [m/s]	Швидкість на виході [m/s]	Результат
<input type="radio"/>	DIN-EN 6	6	1,014	2,2	0,224	2,01	2,07	⚠
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 8	8	0,140	0,3	0,030	0,90	0,90	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 10	10	0,035	0,1	0,008	0,50	0,50	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 12	12	0,012	0,0	0,003	0,32	0,32	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	0,003	0,0	0,001	0,19	0,19	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 16	16	0,002	0,0	0,001	0,16	0,16	✓

Мал. 7.5 Загальний рідинний трубопровід для низькотемпературного ККА

Всі інші розгалуження та трубопроводи підключення споживачів холоду наведено в креслені «Принципова схема споживачів холоду»

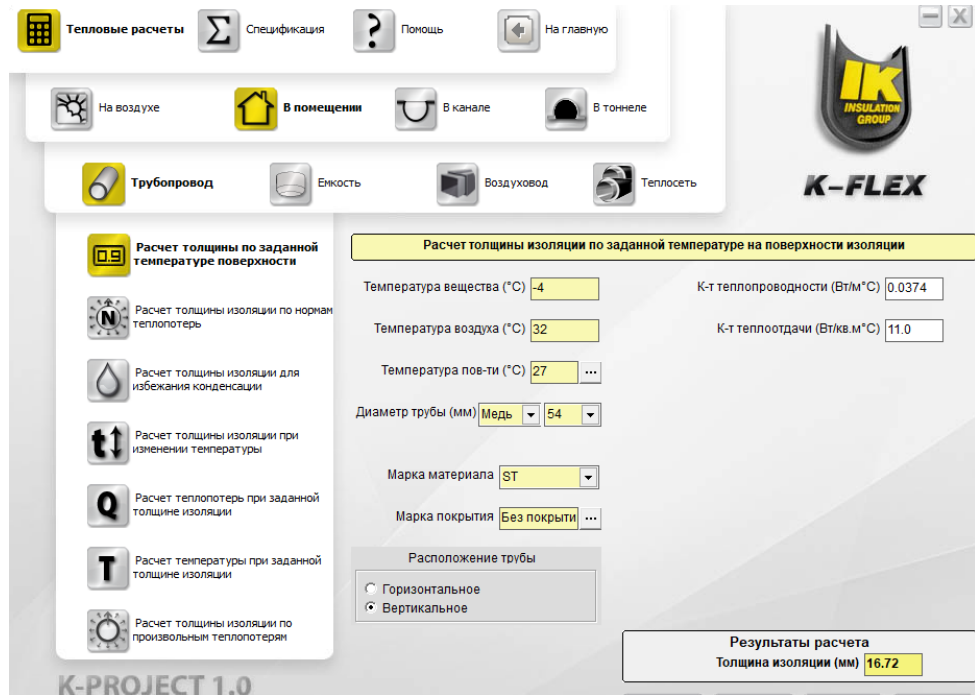
### Розрахунок ізоляції трубопроводів.

Розрахунок ізоляції трубопроводів проводжу за допомогою спеціалізованої програми підбору від K-FLEX. Ізоляцію розраховую лише для всмоктуючого трубопроводу, так як, при заданих робочих режимах, лише там є вірогідність виникнення конденсату на поверхні стінки. Для всіх інших розгалужень трубопроводів приймаю таку ж товщину теплоізоляції як і для самої централі.

Для всмоктуючого трубопроводу СТЦ обираю теплоізоляції K-FLEX ST 19x54мм

Розрахунок теплоізоляції наведено на мал 7.6.

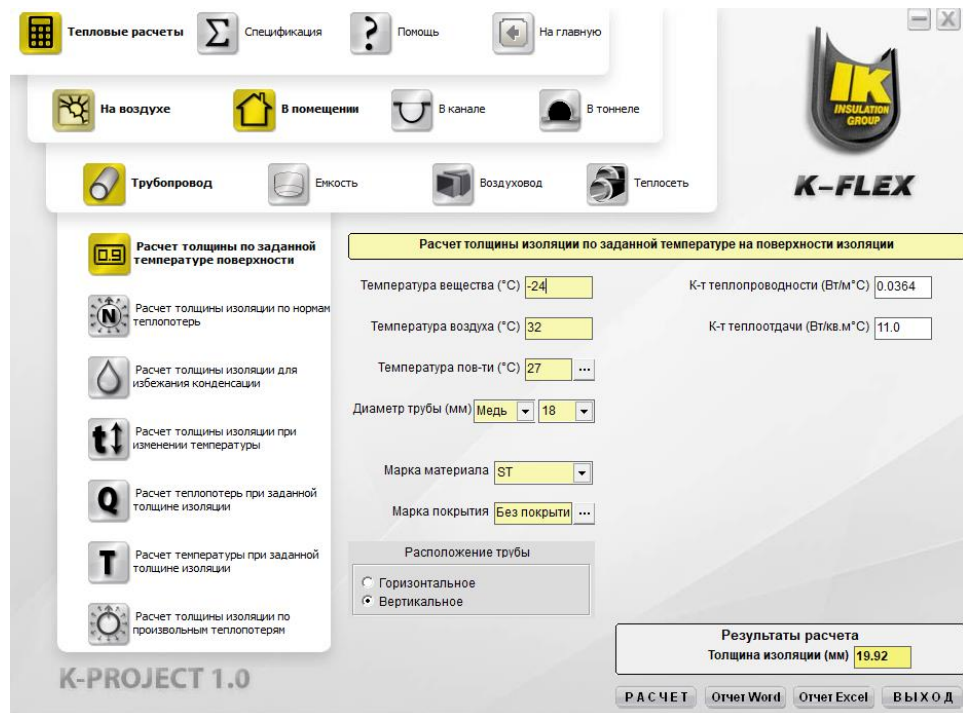
									Арк.
									52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.002.ПЗ				



Мал. 7.6 Розрахунок теплоізоляції всмоктуючого трубопроводу для СТЦ

Для всмоктуючого трубопроводу низькотемпературного ККА обираю теплоізоляції K-FLEX ST 18x25мм

Розрахунок теплоізоляції всмоктуючого трубопроводу низькотемпературного ККА наведено на мал 7.7.



Мал. 7.7 Розрахунок теплоізоляції всмоктуючого трубопроводу низькотемпературного ККА.

									Арк.
									53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 БКР 142.004.002.ПЗ

## 8. Розрахунок та підбір допоміжного обладнання.

Допоміжне обладнання холодильних установок необхідно для безпечного та ефективного використання їх, а також для регулювання робочих параметрів установки. До таких приладів відноситься: мастиловіддільники, ресивера(масляні, рідинні), клапани запобіжні, клапани регулювання тиску, ТРВ, зворотні клапани та інші.

Так, як низькотемпературне ККА вже оснащено необхідним допоміжним обладнанням(окрім ТРВ для камер, яке буде підбиратись окремо), підбираю його лише для СТЦ.

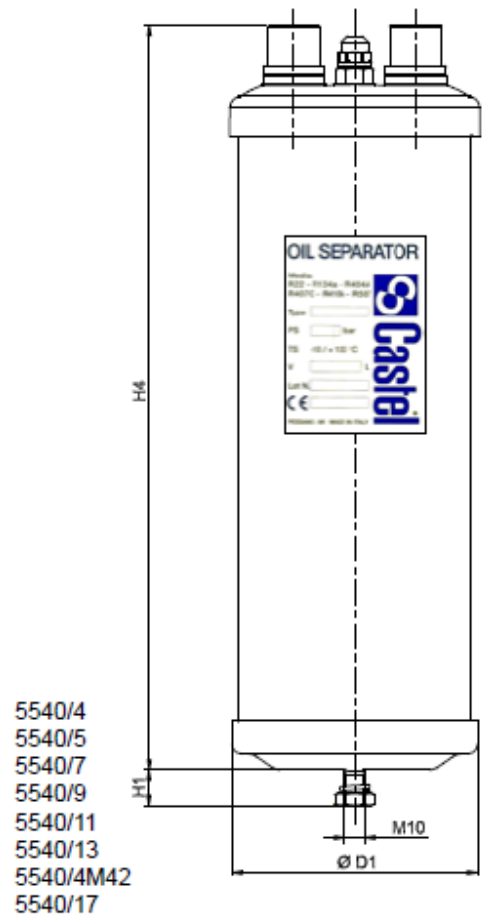
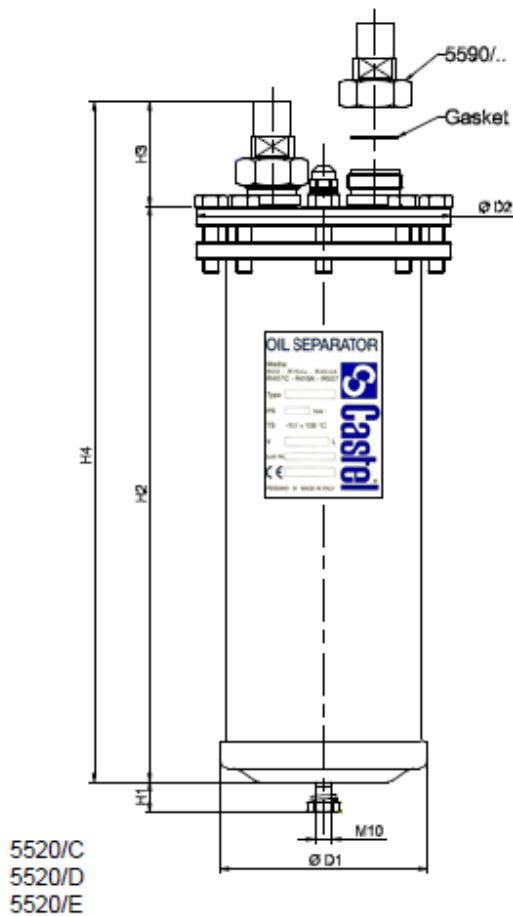
### Підбір мастиловіддільника.

Мастиловіддільник підбираю в залежності від необхідної холодопродуктивності на яку розрахований мастиловіддільник при заданих робочих параметрах. Обираю мастиловіддільник фірми Castel модель 5540/17.

Його технічні характеристики і розміри наведено на мал 8.1-8.2.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

TABLE 2: Dimensions and Weights of Oil Separators										
Catalogue Number		Solder Connections		Dimensions [mm]						Weight [g]
Separator	Connections	ODS		$\varnothing D_1$	$\varnothing D_2$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	
		$\varnothing$ [in.]	$\varnothing$ [mm]							
5540/4	-	1/2"	-	123	-	17,5	-	-	280	4200
5540/5		5/8"	16						367	4960
5540/7		7/8"	-						428	5030
5540/9		1.1/8"	-						471	5835
5540/11		1.3/8"	35	481					5800	
5540/13		1.5/8"	-							
5540/M42		-	42	163,5						
5540/17		2.1/8"	54							
5520/C	5590/5	5/8"	16	121	149	17,5	336	61	397	6980
	5590/7	7/8"	-							
5520/D	5590/9	1.1/8"	-	121	149	17,5	391	67	458	7760
	5590/11	1.3/8"	35							
5520/E	5590/13	1.5/8"	-	121	149	17,5	391	92	483	7680
	5590/M42	-	42							



Мал. 8.1 Мاستиловіддільник Castel 5540/17

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

00 БКР 142.004.002.ПЗ

Арк.

55

**TABLE 3: Refrigerant Flow Capacity (1) [kW]**

Catalogue Number	Catalogue Number of solder connections	R404A									
		Condensing temperature [°C]									
		+40					+50				
		Evaporating temperature [°C]					Evaporating temperature [°C]				
		-40	-30	-20	-10	+5	-40	-30	-20	-10	+5
5540/4	-	6,6	7,2	7,9	8,5	9,4	6,8	7,6	8,3	9,1	10,2
5540/5		13,2	14,5	15,8	17,1	18,8	13,6	15,1	16,7	18,2	20,4
5540/7		16,5	18,1	19,7	21,3	23,5	17,0	18,9	20,8	22,8	25,5
5540/9		19,8	21,7	23,7	25,6	28,2	20,3	22,7	25,0	27,3	30,6
5540/11		23,1	25,3	27,6	29,9	32,9	23,7	26,5	29,1	31,9	35,7
5540/13		37,6	41,2	45,0	18,6	53,6	38,7	43,1	47,5	52,0	58,2
5540/M42											
5540/17			47,0	51,5	56,3	60,8	67,0	48,3	53,9	59,4	65,0
5520/C	5590/5	13,2	14,5	15,8	17,1	18,8	13,6	15,1	16,7	18,2	20,4
	5590/7	16,5	18,1	19,7	21,3	23,5	17,0	18,9	20,8	22,8	25,5
5520/D	5590/9	19,8	21,7	23,7	25,6	28,2	20,3	22,7	25,0	27,3	30,6
	5590/11	23,1	25,3	27,6	29,9	32,9	23,7	26,5	29,1	31,9	35,7
5520/E	5590/13	26,4	28,9	31,6	34,1	37,6	27,1	30,3	33,3	36,5	40,8
	5590/M42										

Мал. 8.2 Технічні характеристики Castel 5540/17.

**Підбір масляного ресивера.**

Масляний ресивер необхідний для накопичення масла, яке відділяє мастиловіддільник та його подальшого розподілу між компресорами.

Масляний ресивер підбираю в залежності від сумарного об'єму необхідного мастила для компресорів. Його об'єм має бути не менше суми заправки мастила всіх компресорів. Це необхідно для зручності експлуатації установки, коли виникає необхідність заміни мастила.

Загальна необхідна ємність мастила в компресорах складає:  $4+2+2=8$ л.

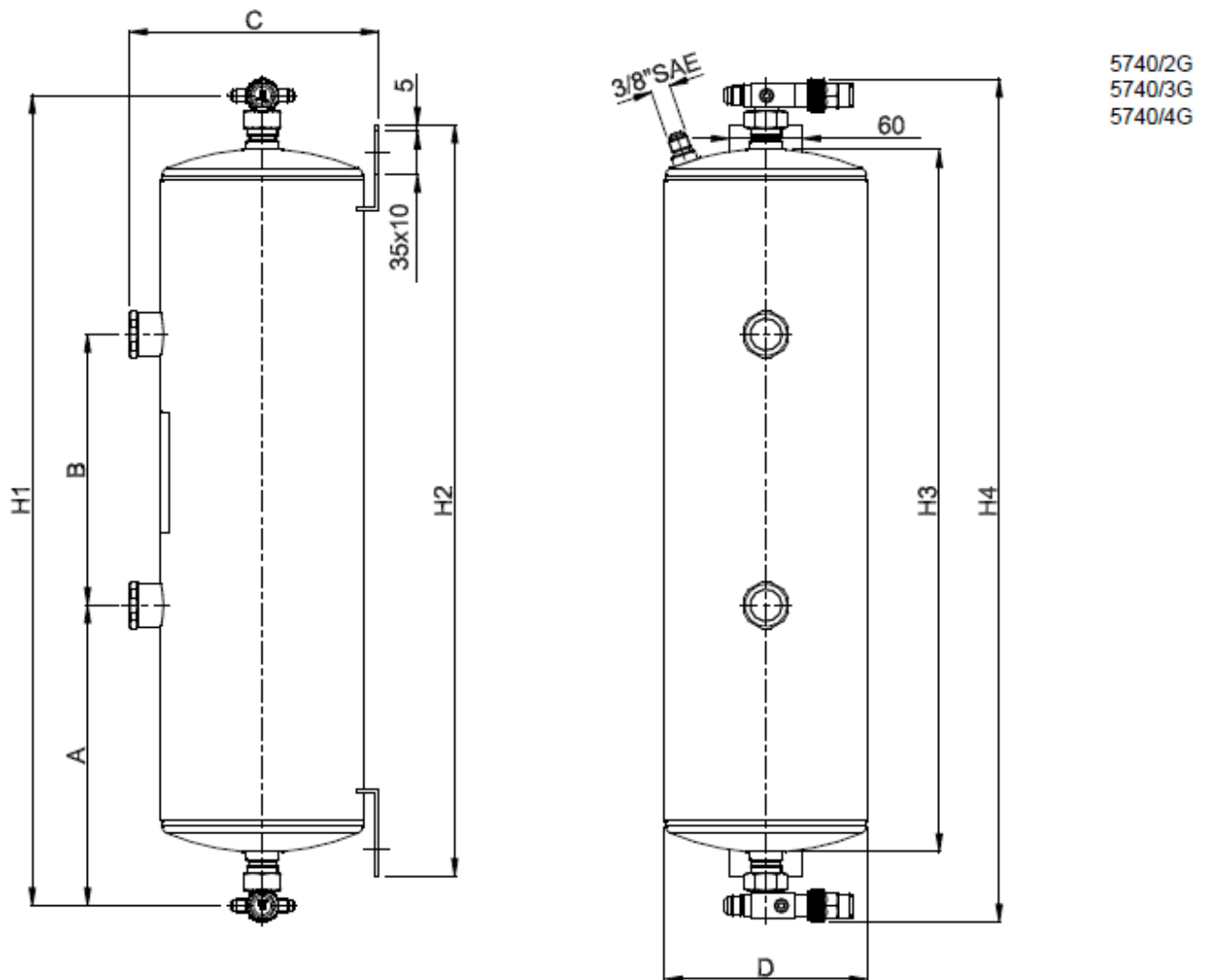
В якості масляного ресивера обираю Castel 5740/3G. Також додатково ресивер оснащую диференційним клапаном Castel 3150/X02. Даний клапан необхідний для стабільної подачі мастила з ресивера в компресора. Технічні характеристики масляного ресивера наведено на мал. 8.3.

**TABLE 4: General Characteristics of Oil Reservoirs**

Catalogue Number	Connections			Volume		TS [°C]		PS [bar]	Risk Category according to PED
	Oil fill	Oil drain	Pressure vent valve	US Gallons	[l]	min.	max.		
5740/2G	1" UNS for 3/8" SAE Flare rotalock valve	1" UNS for 3/8" SAE Flare rotalock valve	3/8" SAE Flare	2	7,56	- 10	+ 130	32	Cat. II
5740/3G				3	11,34				
5740/4G				4	15,14				

**TABLE 5: Dimensions and Weights of Oil Reservoirs**

Catalogue Number	Dimensions [mm]								Weight [g]
	A	B	C	Ø D	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	
5740/2G	169	155	202,5	165	468	420	380	488	8166
5740/3G	244	220	202,5	165	658	610	570	678	11714
5740/4G	194	190	256,5	219	558	450	470	578	11110



Мал. 8.3. Масляний ресивер Castel 5740/3G.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 БКР 142.004.002.ПЗ

Арк.

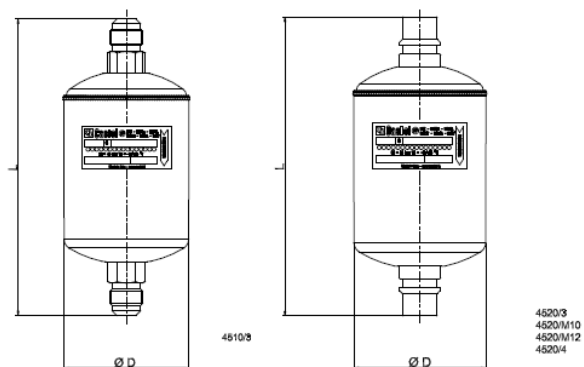
57

## Підбір масляного фільтра.

Масляний фільтр необхідний для запобігання потраплянню грубих механічних часток в картер компресора. Такі частки утворюються в результаті зносу деталей компресора та після монтажних робіт і вигляді нагару всередині труб. В якості масляного фільтра обираю масляний фільтр Castel 4510\3. Його технічні характеристики наведено на мал 8.4.

TABLE 9: General Characteristics of Strainers													
Catalogue Number	Filtering Surface [cm <sup>2</sup> ]	Useful Passage Surface [%]	Mesh Opening [mm]	Connections					Kv Factor [m <sup>3</sup> /h]	TS [°C]		PS [bar]	Risk Category according to PED
				SAE Flare	ODS		ODM			min.	max.		
					Ø [in.]	Ø [mm.]	Ø [in.]	Ø [mm.]					
4510/3	58	36,6	0,166	3/8"	-	-	-	-	2,4	- 40	+80	45	Art. 3.3
4520/3				-	3/8"	-	1/2"	-					
4520/M10				-	-	10	-	12					
4520/M12				-	-	12	-	14					
4520/4				-	1/2"	-	5/8"	16	3,4				

TABLE 10: Dimensions and Weights of Strainers			
Catalogue Number	Dimensions [mm]		Weight [g]
	Ø D	L	
4510/3	52	110	195
4520/3		109	
4520/M10		113	205
4520/M12		122	215
4520/4			



Мал. 8.4 Масляний фільтр Castel 4510/3

## Системи захисту масляної лінії.

Своєчасна подача масла в компресори є дуже важливим аспектом при проектуванні холодильної установки. Неправильна або недостатня подача масла може призвести до перегріву компресора, а це, в свою чергу, може призвести до згорання обмоток компресора через перегрів або механічний клин рухомих деталей. В якості системи захисту обираю регулятор рівня мастила в компресорі Emerson OM3. Керування подачею мастила в компресор буде здійснюватись за допомогою Bitzer IQ Module.

									Арк.
									58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.002.ПЗ				

## Підбір лінійного ресивера.

Лінійний ресивер необхідний для накопичення та рівномірної подачі рідкого холодоагенту в прилади охолодження. Об'єм лінійного ресивера підбирається в залежності від сумарного внутрішнього об'єму всіх теплообмінників, а також внутрішнього об'єму рідинних труб.

Об'єм лінійного ресивера визначається за формулою:

$$V = 0.7 \cdot \Sigma V, \text{ л}$$

де  $\Sigma V$  – об'єм всіх приладів охолодження та труб.

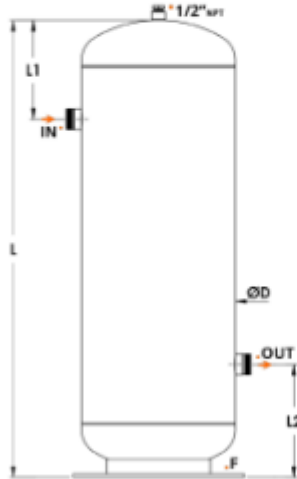
Сумарний об'єм всіх приладів охолодження знайти неможливо, через відсутність технічної документації на холодильне обладнання в залі – ресивер буде обиратись наближено на основі технічних рішень схожих проєктів.

Обираю лінійний ресивер GVN V8A.33b.90.A4.A4.F4. Ресивер вже оснащений необхідними запобіжними клапанами, регуляторами рівня та оглядовими сцельцями. Його технічні характеристики наведено на мал 8.5.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

# V VERTICAL LIQUID RECEIVERS DİKEY LİKİT TANKLARI

Technical Specifications	Teknik Özellikler	V.33b			V.45b	
Working pressure	Çalışma basıncı	[PS]	[PS1] 33 bar	[PS2] 24 bar	[PS1] 45 Bar	[PS2] 33 Bar
Min./max. allowable temperature	Min./max. izin verilen sıcaklık	[TS]	- 20 / + 130°C	- 40 / - 20°C	- 20 / + 130°C	- 40 / - 20°C
Available fluids	Kullanılabilir akışkanlar	GAS	HCFC, HFC, R290*, R717*		HCFC, HFC, R-410A, R744, R717*	



- Optional**  
Sight glass  
Safety valve  
Rotalock valve  
Liquid level sensor  
Extra connections
- Opsiyonel**  
Gözetleme camı  
Emniyet ventili  
Rotalok vana  
Likit seviye sensörü  
Ekstra bağlantılar



Volume [L]	Model	Dimensions [mm]				Support [F]	Inlet & Outlet [inch]	NPT [inch]	Kg Of Capacity				
		Ø D	L	L1	L2				R22	R134a	R407C	R404A	R410A
4	V5A.33b.04.A2.A2.F4	140	320	90	120	E.V136.03	Rot. 1"	1/2"	4,4	4,4	4,2	3,8	3,9
5	V5A.33b.05.A2.A2.F4		390	90	120	E.V136.03	Rot. 1"	1/2"	5,4	5,5	5,2	4,8	4,9
6	V5A.33b.06.A2.A2.F4		470	90	120	E.V136.03	Rot. 1"	1/2"	6,5	6,6	6,3	5,8	5,8
7	V6A.33b.07.A2.A2.F4	168	390	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	7,6	7,7	7,3	6,7	6,8
8	V6A.33b.08.A2.A2.F4		460	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	8,7	8,8	8,3	7,7	7,8
9	V6A.33b.09.A2.A2.F4		510	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	9,8	9,9	9,4	8,6	8,8
10	V6A.33b.10.A2.A2.F4		550	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	10,9	11,0	10,4	9,6	9,7
12	V6A.33b.12.A2.A2.F4		660	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	13,1	13,2	12,5	11,5	12,7
14	V6A.33b.14.A2.A2.F4		770	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	15,2	15,4	14,6	13,4	13,6
16	V6A.33b.16.A2.A2.F4	870	90	120	E.V162.03	Rot. 1"	1/2"	17,4	17,6	16,7	15,4	15,6	
18	V7A.33b.18.A2.A2.F4	219	560	130	150	E.V205.03	Rot. 1"	1/2"	19,6	19,8	18,8	17,3	17,5
20	V7A.33b.20.A3.A3.F4		630	130	150	E.V205.03	Rot. 1 1/4"	1/2"	21,8	22,1	20,9	19,2	19,5
25	V7A.33b.25.A3.A3.F4		755	130	150	E.V205.03	Rot. 1 1/4"	1/2"	27,2	27,6	26,1	24,0	24,4
30	V7A.33b.30.A3.A3.F4		905	130	150	E.V205.03	Rot. 1 1/4"	1/2"	32,7	33,1	31,3	28,8	29,2
35	V7A.33b.35.A3.A3.F4		1060	130	150	E.V205.03	Rot. 1 1/4"	1/2"	38,1	38,6	36,5	33,6	34,1
40	V7A.33b.40.A4.A4.F4		1210	130	150	E.V205.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	43,6	44,1	41,7	38,4	39,0
30	V8A.33b.30.A3.A3.F4	273	585	180	180	E.V247.03	Rot. 1 1/4"	1/2"	32,7	33,1	31,3	28,8	29,2
35	V8A.33b.35.A3.A3.F4		685	180	180	E.V247.03	Rot. 1 1/4"	1/2"	38,1	38,6	36,5	33,6	34,1
40	V8A.33b.40.A4.A4.F4		785	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	43,6	44,1	41,7	38,4	39,0
45	V8A.33b.45.A4.A4.F4		875	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	49,0	49,6	46,9	43,2	43,9
50	V8A.33b.50.A4.A4.F4		975	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	54,4	55,1	52,1	48,0	48,7
60	V8A.33b.60.A4.A4.F4		1165	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	65,3	66,2	62,6	57,6	58,5
70	V8A.33b.70.A4.A4.F4		1355	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	76,2	77,2	73,0	67,2	68,2
80	V8A.33b.80.A4.A4.F4		1545	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	87,1	88,2	83,4	76,8	78,0
90	V8A.33b.90.A4.A4.F4		1755	180	180	E.V247.03	Rot. 1 3/4"	1/2"	98,0	99,2	93,9	86,4	87,7

At +20°C Liquid temperature, %90 receiver volume.      +20°C Likit sıcaklığı, %90 tank hacmi esas alınmıştır.

Мал. 8.5 Рідинний ресивер GVN V8A.33b.90.A4.A4.F4

## Підбір зворотніх клапанів.

Зворотні клапани необхідні для запобігання поверненню мастила та зконденсованого холодоагента в порожнину стискання. Зворотні клапани встановлюю на нагнітальному трубопроводі після кожного компресора.

Підбір здійснюю за допомогою каталога Danfoss Check valve.

Для компресора Bitzer 4JE-15Y обираю зворотній клапан Danfoss NRV 28S

Його характеристики наведено на мал 8.6.

### Solder angleway connection

Figure 4: Solder angleway connection

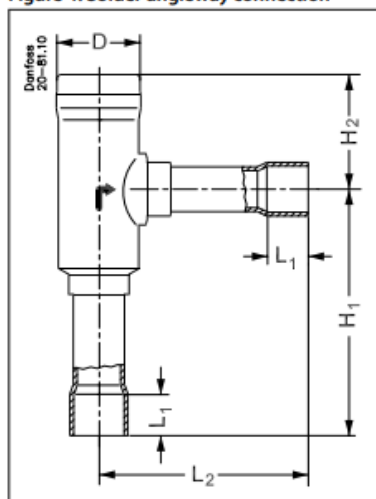


Table 8: Solder angleway connection

Type	Connection size		Connection tolerance [mm]	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	øD	Net weight [kg]
	[in.]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
NRV/NRVH 22s	3/8	22	+0.075/+0.185	94	48	17	87	37	0.584
NRV/NRVH 22s <sup>(1)</sup>	1 1/8	28	+0.075/+0.185	94	48	22	87	37	0.616
NRV/NRVH 28s	1 1/8	28	+0.075/+0.185	141	67	20	123	49	1.330
NRV/NRVH 28s <sup>(1)</sup>	1 3/8	35	+0.09/+0.23	141	67	25	123	49	1.478
NRV/NRVH 35s	1 3/8	35	+0.09/+0.23	141	67	25	123	49	1.400
NRV/NRVH 35s <sup>(1)</sup>	1 5/8	42	+0.09/+0.23	141	67	29	123	49	1.388

Мал. 8.6 Danfoss NRV 28S

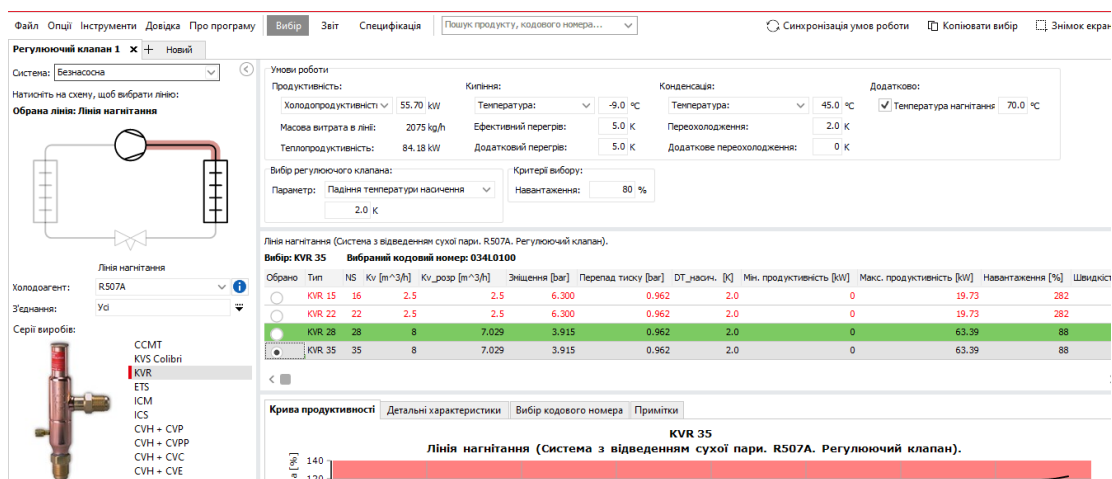
Для компресорів Bitzer 4CES-6Y обираю зворотній клапан Danfoss NRV-22S

Його характеристики наведено на мал 8.6.

## Підбір регулюючих клапанів.

Клапан регулювання тиску конденсації.

В даній установці регулювання тиску конденсації здійснюється декількома способами: регулюванням витрати повітря через конденсатор шляхом зміни швидкості обертання та кількості включених вентиляторів та за допомогою клапана регулювання тиску конденсації. Цей клапан дозволяє підтримувати стабільний тиск конденсації в перехідні періоди та в зимню пору, коли температура навколишнього середовища є досить низькою. В якості клапана регулювання тиску конденсації обираю клапан Danfoss KVR 35. Розрахунок даного клапана наведено на мал. 8.7



Мал. 8.7 Клапан Danfoss KVR 35

Клапана регулювання тиску кипіння.

Так, як в даній в даній установці є випарники з різними температурами кипіння, то для підтримання необхідного тиску необхідно клапани регулювання тиску кипіння. Встановлюю для овочевих регалів один загальний клапан тиску кипіння та один для камери №5(Овочі). В якості клапана тиску кипіння для овочевих регалів обираю Danfoss KVP 28. Розрахунок даного клапана наведено на мал 8.8

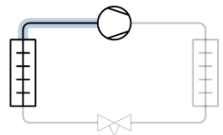
Файл Опції Інструменти Довідка Про програму **Вибір** Звіт Специфікація Пошук продукту, кодового номера...

Синхронізація умов роботи Копіювати вибір Знімок екрану

**Регулюючий клапан 1** × + Новий

Система: Безнасосна

Натисніть на схему, щоб вибрати ліній: **Обрана лінія: Лінія всмоктування**



Холодоагент: R507A

З'єднання: Усі

Серії виробів:

- CCMT
- KVS Colibri
- KVS
- KVL
- KVP**
- KVR
- ETS
- ETS 5M (N)
- ICM
- ICS
- CVH + CVP
- CVH + CVPF
- CVH + CVC
- CVH + CVE

KVP — регулюючий клапан тиску кипіння.

Умови роботи

Продуктивність: Холодопродуктивності 9.980 kW Температура: -6.0 °C Конденсація: Температура: 45.0 °C  Температура нагнітання: 70.0 °C

Масова витрата в лінії: 365.6 kg/h Ефективний перегрів: 5.0 K Переохолодження: 2.0 K

Теплопродуктивності: 14.83 kW Додатковий перегрів: 5.0 K Додаткове переохолодження: 0 K

Вибір регулюючого клапана: Параметр: Падіння температури насичення 1.0 K Критерій вибору: Навантаження: 30 %

Лінія всмоктування (Система з відведенням сухої пари. R507A. Регулюючий клапан).

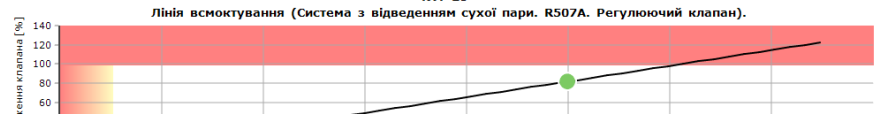
**Вибір: KVP 28** Коди не вибрано

Обрано	Тип	NS	Kv [m³/h]	Kv_розр [m³/h]	Зниження [bar]	Перепад тиску [bar]	DT_насоч. [K]	Мін. продуктивність [kW]	Макс. продуктивність [kW]	Навантаження [%]	Швидкість
<input type="radio"/>	KVP 12	12	2.5	2.5	1.700	0.169	1.0	0.275	4.358	229	
<input type="radio"/>	KVP 15	16	2.5	2.5	1.700	0.169	1.0	0.275	4.358	229	
<input type="radio"/>	KVP 22	22	2.5	2.5	1.700	0.169	1.0	0.275	4.358	229	
<input checked="" type="radio"/>	KVP 28	28	7	5.724	1.095	0.169	1.0	1.051	12.20	82	
<input type="radio"/>	KVP 35	35	7	5.724	1.095	0.169	1.0	1.051	12.20	82	

Крива продуктивності Детальні характеристики Вибір кодового номера Примітки

**KVP 28**

Лінія всмоктування (Система з відведенням сухої пари. R507A. Регулюючий клапан).



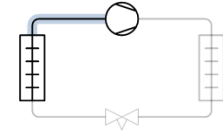
Мал. 8.8 Danfoss KVP 28

Для камери №5 обираю клапан KVP 12. Розрахунок даного клапана наведено на мал. 8.9.

**Регулюючий клапан 1** × + Новий

Система: Безнасосна

Натисніть на схему, щоб вибрати ліній: **Обрана лінія: Лінія всмоктування**



Холодоагент: R507A

З'єднання: Усі

Серії виробів:

- CCMT
- KVS Colibri
- KVS
- KVL
- KVP**
- KVR
- ETS

Умови роботи

Продуктивність: Холодопродуктивності 1.120 kW Температура: -6.0 °C Конденсація: Температура: 45.0 °C  Температура нагнітання: 70.0 °C

Масова витрата в лінії: 41.03 kg/h Ефективний перегрів: 5.0 K Переохолодження: 2.0 K

Теплопродуктивності: 1.665 kW Додатковий перегрів: 5.0 K Додаткове переохолодження: 0 K

Вибір регулюючого клапана: Параметр: Падіння температури насичення 2.0 K Критерій вибору: Навантаження: 80 %

Лінія всмоктування (Система з відведенням сухої пари. R507A. Регулюючий клапан).

**Вибір: KVP 12** Коди не вибрано

Обрано	Тип	NS	Kv [m³/h]	Kv_розр [m³/h]	Зниження [bar]	Перепад тиску [bar]	DT_насоч. [K]	Мін. продуктивність [kW]	Макс. продуктивність [kW]	Навантаження [%]	Швидкість
<input checked="" type="radio"/>	KVP 12	12	2.5	0.4672	0.068	0.334	2.0	0.378	5.993	19	
<input type="radio"/>	KVP 15	16	2.5	0.4672	0.068	0.334	2.0	0.378	5.993	19	
<input type="radio"/>	KVP 22	22	2.5	0.4672	0.068	0.334	2.0	0.378	5.993	19	
<input type="radio"/>	KVP 28	28	7	0.6029	0.200	0.334	2.0	1.445	16.78	7	
<input type="radio"/>	KVP 35	35	7	0.6029	0.200	0.334	2.0	1.445	16.78	7	

Крива продуктивності Детальні характеристики Вибір кодового номера Примітки

Мал. 8.9 Danfoss KVP 12

Клапан вирівнювання тиску в ресивері.

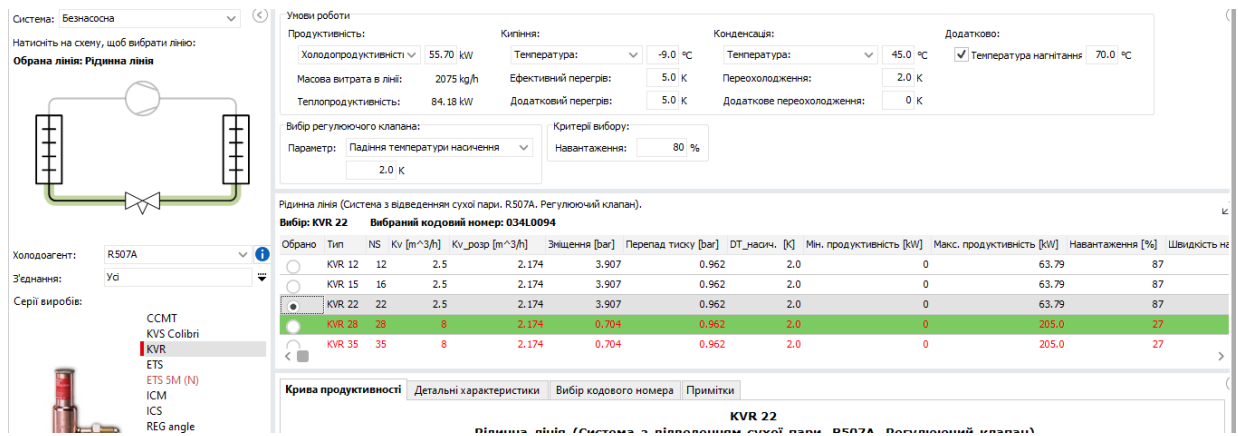
Даний клапан необхідний для підтримання стабільного тиску рідини, яка знаходиться в лінійному ресивері. В якості клапана тиску в ресивері обираю Danfoss KVR 22. Розрахунок даного клапана наведено на мал 8.10.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 БКР 142.004.002.ПЗ

Арк.

63



Мал. 8.10 Danfoss KVR 22

### Підбір фільтра-осушувача.

Фільтр-осушувач необхідний для запобігання потрапляння вологи в прилади охолодження, а також для захисту від механічних часток. Встановлюю даний фільтр після ресивера та на рідинній лінії перед кожним споживачем. Фільтр підбираю за допомогою каталогів фірми виробника. Детально для кожного споживача фільтри наведено в кресленні «Принципова схема споживачів холоду». Після рідинного ресивера встановлюю фільтр-осушувач Castel 4212/17AF. Технічні характеристики наведено на мал. 8.11

General characteristics of filter driers with replaceable solid core														
Catalogue Number	Core Cat. Number	Number of Cores	Core Filtering Surface [cm²]	Nominal Volume		Connections			PS [bar]	TS [°C]		TA [°C]		Risk category according to PED Recast
				[cu.in]	[cm³]	ODS		W		min.	max.	min.	max.	
						Ø [in.]	Ø [mm]							
4411/5AF	4490/A - 4490/B ; 4490/AA - 4490/AB	1	420	48	800	5/8"	16	21,3	50 (1)	- 40	+ 80	- 20	+ 50	2
4411/7AF						7/8"	22	26,9						
4411/9AF						1.1/8"	-	33,7						
4411/11AF						1.3/8"	35	42,4						
4411/13AF						1.5/8"	-	48,3						
4411/M42AF						-	42	48,3						
4411/17AF						2.1/8"	54	60,3						
4412/7AF						7/8"	22	26,9						
4412/9AF						1.1/8"	-	33,7						
4412/11AF						1.3/8"	35	42,4						
4411/13AF	2	840	96	1600	1.5/8"	-	48,3							
4412/M42AF					-	42	48,3							
4412/17AF					2.1/8"	54	60,3							

Мал 8.11. Фільтр-осушувач Castel 4212/17AF

## Підбір запірної арматури, соленоїдів та оглядових скелець.


Запірну арматуру, соленоїди та оглядові скельця підбираю в залежності від діаметри труби, де вони будуть розташовані. Більш детально запірна арматура вказана на кресленнях «Схема холодильної установки» та «Принципова схема споживачів холоду».

В якості запірної арматури обираю запірні вентиля фірми Castel Ball valves. Каталог даних вентилів наведено на мал. 8.12.

### BALL VALVES

Drawing	Part number	Connections		Ball port Ø [in.]	Cv [US gal/min]	PS [psi]	TS [°F]		Package pcs
		ODS Ø [in.]	W Ø [in.]				Min	Max	

#### WITH COPPER ODS CONNECTIONS

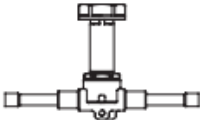
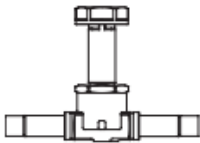
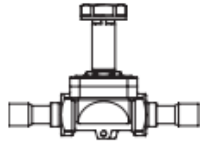
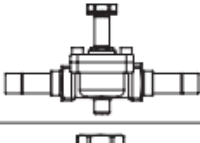
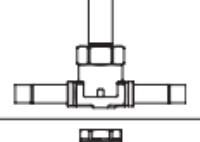
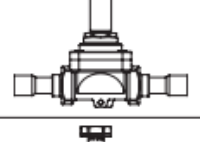
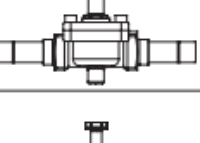
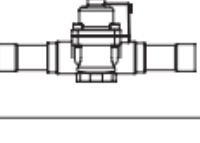
	6570E/2	1/4"	–	0,40	0,9	1160	-40	+300	25
	6570E/3	3/8"	–		3,5				25
	6570E/4	1/2"	–		5,8				25
	6570E/5	5/8"	–	0,60	20				16
	6570E/6	3/4"	–						16
	6570E/7	7/8"	–	0,75	33				21
	6570E/9	1.1/8"	–	1,00	59				16
	6590E/11	1.3/8"	–	1,25	99				5
	6590E/13	1.5/8"	–	1,50	135				10
	6590E/17	2.1/8"	–	5,00	247				1

Мал. 8.12 Кульові вентиля Castel

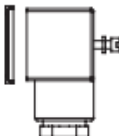
В якості соленоїдних вентилів використовую соленоїди Castel. Каталог соленоїдів наведено на мал. 8.13

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N.C. SOLENOID VALVES ODS CONNECTIONS WITHOUT COILS

Operating principle	Drawing	Part number	Connections ODS [in.]	Cv [US gal/min]	PS [psi]	TS [°F]		Package pcs	
						Min	Max		
Direct acting		1028UL/2S	1/4"	0,17	650	-31	+230	24	
		1028UL/2ES	1/4"	0,27					
		1028UL/3S	3/8"	0,27					
Diaphragm pilot operated		1068UL/3S	3/8"	0,92	650	-31	+220	24	
		1068UL/4S	1/2"	0,92					
		1078UL/4S	1/2"	2,54	600	-31	+220	17	
		1078UL/5S	5/8"	3,02					
		1079UL/7S	7/8"	3,02					
		1098UL/5S	5/8"	4,39	500	-31	+220	14	
		1098UL/6S	3/4"	5,55					
		1098UL/7S	7/8"	6,59					
		1099UL/9S	1.1/8"	6,59					
	Piston pilot operated		1038UL/3S	3/8"	1,16	650	-31	+230	24
			1038UL/4S	1/2"	1,16				
			1048UL/4S	1/2"	2,77	600	-31	+230	14
1048UL/5S			5/8"	3,47					
1049UL/7S			7/8"	3,47					
		1058UL/5S	5/8"	4,39	600	-31	+230	14	
		1058UL/6S	3/4"	5,55					
		1058UL/7S	7/8"	6,59					
		1059UL/9S	1.1/8"	6,59					
			1098UL/9S	1.1/8"	11,6	500	-31	+230	1
			1099UL/11S	1.3/8"	11,6				
			1078UL/11S	1.3/8"	18,5	435			
	1079UL/13S		1.5/8"	18,5					
1078UL/13S	1.5/8"	29	435	-31	+230	1			
1079UL/17S	2.1/8"	29							

CONNECTORS

Drawing	Part number	Degree of protection	Package pcs.
	9150UL/R02	IP 65	240


Мал. 8.13 Соленоїди Castel

В якості оглядових скелець обираю оглядові скельця Castel. Даний каталог наведено на мал. 8.14

**MOISTURE INDICATORS**

Drawing	Part number	Connections		PS [psi]	TS [°F]		Package pcs
		ODS Ø [in.]	W Ø [in.]		Min	Max	

WITH COPPER ODS CONNECTIONS

	3940EL/2	1/4"	-	870	-40	+248	25
	3940EL/3	3/8"					25
	3940EL/4	1/2"					25
	3940EL/5	5/8"					16
	3940EL/6	3/4"					16
	3940EL/7	7/8"					21
	3940EL/9	1.1/8"					16

Мал. 8.14 Оглядіві скельця Castel

## 9. Економічний розрахунок

В даному розділі я розраховую основні економічні показники проекту – собівартість одиниці виробленого холоду, вартість обладнання, яке закупляється, вартість його монтажу, амортизація та витрати на обслуговування.

Вартість всього обладнання необхідного для закупівлі заносу до таблиці 9.1

№	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн.	К-сть, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресор Bitzer 4JE-15Y	Bitzer	172.59	5.18	1	177.77
2	Компресор Bitzer 4CES-8Y	Bitzer	82	2.46	2	168.92
3	ККА Bitzer LNE44E/2EES-2Y-40S	Bitzer	90.51	2.72	1	93.23
4	Кондесатор Guntner GCHC RD 050.2/14-51-4240259M	Guntner	260.8	7.82	1	268.62
5	Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-12-7 AL - /A	Lu-ve	35	1.05	3	108.15
6	Повітроохолоджувач Lu-ve F31MCEA-11-7 AL - /A	Lu-ve	29	0.87	1	29.87
7	Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-11-6 AL - /A	Lu-ve	34	1.02	1	35.02
8	Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-12-6 AL - /A	Lu-ve	31	0.93	1	31.93
9	Ресивер GVN V8A.33b.90.A4.A4.F4	GVN	27	0.81	1	27.81
10	Системи трубопроводів, арматури та автоматизації	BRGroup	282.39	8.47	1	290.86

Таблиця 9.1 Замовна специфікація холодильного обладнання.

					<b>00 БКР 142.004.002.ПЗ</b>	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом вартість обладнання буде складати 1232.18 тис. грн з врахуванням НДС.

Визначення кількості виробленого холоду.

При умові, що середньотемпературне обладнання працює 20 годин в день, загальна кількість робочих годин за рік складає  $22 \cdot 365 = 8030$  год, низькотемпературно працює 18 год, тому –  $18 \cdot 365 = 6570$  год.

Тоді загальна кількість виробленого холоду за рік складає: для середньотемпературної системи –  $47.23 \cdot 8030 = 379257$  кВт, для низькотемпературної  $2.33 \cdot 6570 = 15308$  кВт.

Витрати на оплату електроенергії.

Розраховую витрату електроенергії необхідної для роботи компресорів та вентиляторів теплообмінних апаратів.

Результати розрахунків витраченої електроенергії заносу до таблиці 9.2

№	Назва обладнання	Номинальна потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год	Спожита електроенергія, кВт*год
1	Компресор Bitzer 4JE-15Y	19	1	8030	152570
2	Компресор Bitzer 4CES-6Y	9.7	2	8030	155782
3	ККА Bitzer LHE44E/2EES-2Y-40S	1.78	1	6570	11694.6
4	Кондесатор Guntner GCHC RD 050.2/14-51-4240259M	0.72	1	8030	5781.6
5	Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-12-7 AL - /A	0.085	3	8760	2233.8
6	Повітроохолоджувач Lu-ve F31MCEA-11-7 AL - /A	0.102	1	8760	893.52
7	Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-11-6 AL - /A	0.085	1	8760	744.6
8	Повітроохолоджувач Lu-ve F27MCEA-12-6 AL - /A	0.085	1	8760	744.6

Таблиця 9.2 Витрата електроенергії на роботу холодильного обладнання.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Тоді загальна річна витрата електроенергії становить 330444.7 кВт\*год.

Тариф оплати за електроенергію складає 6 грн за кВт\*год. Тоді витрати на оплату електроенергії складатиме  $330444.7 * 6 = 1982.7$  тис.грн.

Витрати на заробітню плату.

Так, як це супермаркет, то постійний працівників там немає, але є сервісний персонал, який працює в режимі викликів. Тому вартість на оплату праці буде складатись з вартості обслуговування холодильного обладнання.

Витрати на обслуговування холодильного обладнання на місяць складає 70 тис. грн. Тоді річні витрати на обслуговування складає  $70 * 12 = 840$  тис. грн.

Амортизація обладнання.

Амортизаційні відрахування в рік складають 20% від капітальних вкладень на закупівлю обладнання:  $1232.18 * 0.2 = 246.43$  тис.грн.

					<i>00 БКР 142.004.002.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

## 10. Охорона праці.

В даному розділі наведено основні положення безпечної експлуатації фреонових холодильних установок.

Вимоги до проєктів холодильних установок.

1) Проєкти холодильних установок повинні розроблятися з врахуванням раціональних технічних рішень, умов для безпечної експлуатації холодильного обладнання.

2) Холодильне обладнання та трубопроводи повинні розміщуватись в машинному відділенні, в якому можна провести їх монтаж з висотою для проходу не менше 2.2м – від рівня підлоги до виступаючих частин обладнання.

3) Забороняється розміщувати в одному приміщенні з холодильною установкою пристрої з відкритим вогнем чи температурою поверхні більше 300 °С, а також вибухонебезпечне обладнання.

4) Забороняється розміщувати холодильні установки на сходах, під сходами, в коридорах.

5) Двері машинних відділень, а також холодильних камер, повинні відкриватись в сторону виходу.

6) Для обслуговування холодильного обладнання на висоті вище 1.8м повинна бути влаштована металева площадка зі сходами.

7) Фундаменти під компресори повинні бути відокремленні від фундаментів стін чи колон будівлі машинного відділення. При установці обладнання на перекритті – забезпечити захист від вібрацій обладнання.

8) В схемі трубопроводів має бути передбачена можливість евакуації фреону з будь-яких теплообмінників, ємностей та обладнання.

9) Трубопроводи фреонових установок повинні мати наступні розпізнаючі кольори:

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нагнітаючі – червоні;

Всмоктуючі – сині;

Рідинні – жовті;

Водяні – зелені.

Монтаж обладнання і трубопроводів.

1) Допуск працівників до монтажу холодильного обладнання без інструктажу по техніці безпеки та правилам пожежної безпеки забороняється.

2) Забороняється виконання робіт з монтажу холодильного обладнання без затвердженого проєкту чи з відступами від проєкту без згоди з проєктною організацією.

3) Забороняється проводити роботи на обладнанні, які знаходяться в припіднятому положенні і підтримується лебідками, домкратами чи іншими підйомними механізмами.

4) Підготовлені ділянки трубопроводів до монтажу повинні бути механічно очищені, обезжирені та осушені.

5) До заправки фреоном, змонтована система, повинна бути випробувана щільність та міцність.

6) Перед заправкою системи фреоном всі компресори, апарати і трубопроводи повинні бути ретельно очищені від забруднень, висушені та відвакуумовані.

Заповнення системи холодоагентом.

1) Перед заповненням системи холодоагентом необхідно впевнитись в тому, що в балоні міститься саме необхідний холодоагент. Перевірка

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

проводиться по тиску при температурі балона рівній температурі навколишнього середовища.

2) Відкриття колпачка на вентилі балона має відбуватись в захисних окулярах та гумових рукавицях. Напрямо вентиля має бути в протилежну сторону від працівника.

3) Заповнення холодоагентом в кількості не більше 10 кг виконується через всмоктуючий вентиль компресора, більше 10 кг – тільки через заправочний вентиль на рідинному трубопроводі. При поповненні системи користуватись осушуючим патроном.

4) Для під'єднання балонів до системи дозволяється використовувати відпаленні мідні труби чи маслобензостійкі шланги випробуванні тиском на щільність та міцність.

#### Експлуатація холодильних установок.

1) Роботи по технічному обслуговуванні холодильних установок, регулюванні і усуненні несправностей повинні проводитись з дотриманням всіх правил, посібника з експлуатації холодильного обладнання, заводу-виробника.

2) Планові огляди та ревізії холодильних установок повинні проводитись відповідно зі затвердженим графіком, складеним з врахуванням посібника з експлуатації і умов роботи кожної з установок.

3) Проходи поблизу машин та апаратів повинні бути завжди вільні, а підлога в справному стані.

4) Доступ до рухаючих деталей машини дозволяється тільки після повної зупинки і прийняття всіх заходів проти запуску установки посторонніми людьми.

5) Забороняється експлуатація холодильних установок з несправними приладами автоматики.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6) Куріння і використання відкритого полум'я в машинних приміщеннях забороняється.

7) Пуск установки після зупинки більше, ніж на 24 години може бути здійснений лише після перевірки її справності відповідними особами, відповідальними за безпечну експлуатацію.

8) Для виявлення місць витіку холодоагента дозволяється користуватись галогенними та іншими витікошукачами, мильною піною, полімерними індикаторами герметичності. Наявність слідів мастила в роз'ємних з'єднаннях, бульбашок при обмилюванні зварних швів, зміна кольору полум'я вказують на витік холодоагенту.

9) При виявленні витіку холодоагента компресор необхідно зупинити, перекрити запірною арматурою пошкоджену ділянку, ввімкнути витяжну вентиляцію і, відкривши вікна і двері, усунути витік.

10) Розкривати компресори, апарати та трубопроводи дозволяється тільки після того, як тиск хладона зрівняється з атмосферним і залишиться таким протягом 20 хвилин. Забороняється розкривати апарати з температурою стінок нижче  $-35^{\circ}\text{C}$ .

11) Забороняється видалення інею механічним способом з батареї безпосереднього охолодження(допускається обмітання інею). При видаленні снігової шуби з охолоджуючих пристроїв шляхом їх нагрівання – в батареях та повітроохолоджувачах не повинно бути перевищення тиску, регламентоване тиском випробування на міцність та щільність для лінії всмоктування.

12) Механічна очистка від водяного каменю трубок кожухотрубних апаратів(конденсаторів і випарників з міжтрубним кипінням) повинна виконуватись лише після звільнення їх від холодоагента під безпосереднім наглядом особи, відповідальної за безпечну експлуатацію холодильних установок.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Долікарська допомога.

1) В будь-якому випадку отруєння холодоагентом, потерпілого необхідно вивести на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При цьому, необхідно звільнити його від затруднюючої дихання одягу, зняти забруднений холодоагентом одяг і надати потерпілому повний спокій. В всіх випадках отруєння давати дихати йому медичним киснем протягом 30-45 хв(з гумової подушки, балона), зігріти хворого. В випадку глибокого сну і можливого зниження больової чутливості необхідно зберігати обережність, щоб не викликати опіків. Необхідно потерпілому давати пити міцний чай або каву, дихати з вати нашатирний спирт. Незалежно від стану потерпілого, повинна бути викликана швидка допомога.

2) При наявності подразнень слизової оболонки рекомендується полоскання носа та глотки 2% розчином соди чи водою. При потраплянні холодоагенту в очі необхідно провести промивання очей чистою проточною водою, після чого надіти темні сонцезахисні окуляри. При потраплянні холодоагента на шкіру необхідно опустити уражену кінцівку в теплу воду на 5-10 хвилин чи зробити загальну ванну( у випадку ураження великої поверхні тіла). Шкіру після ванни висушити не розтиранням, а прикладуванням рушника. Після цього необхідно накласти мазеву пов'язку чи змазати шкіру мазью. За відсутності мазі використовувати несолене вершкове масло або соняшникову олію. При появі пухирів, ні в якому разі їх не вскривати, а накласти на пухирі мазеву повязку.

3) В машинному відділенні фреонової установки повинна бути аптечка з засобами для надання долікарської допомоги при ураженні холодоагентом:

нашатирний спирт(для дихання);

валеріана в краплях;

сода для промивання очей чи полоскання горла;

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

темні захисні окуляри;

мазь вишневського для змазування уражених ділянок;

серветки, вата, бинти;

В спеціально відведеному місці необхідно розмістити балон з медичним киснем і обладнанням для нього.

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

### Список використаних джерел

- 1) Б.К. Янвель « Курсове та дипломне проектування холодильних установок»;
- 2) Холодильні машини, курс лекцій;
- 3) Холодильні установки, курс лекцій;
- 4) danfoss.com
- 5) castel.it
- 6) bitzer.de
- 7) guntner.com
- 8) luvegroup.com
- 9) k-flex.ua
- 10) gvn.org

					00 БКР 142.004.002.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77