

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технічної теплофізики

**РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ВИПУСКНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
142 «ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

Освітньо-професійної програми «Холодильні машини і установки»

Тема «Проектування холодильної камери шокового заморожування»

Завідувач кафедри ТТФ

Ванєєв С. М.

Керівник роботи

Мерзляков Ю. С.

Студент

Новіцький Д. В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

РОЗРАХУВАТИ І СПРОЄКТУВАТИ ХОЛОДИЛЬНУ КАМЕРУ  
ШОКОВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ПОЛУНИЦІ

Вантажообіг продукту  $G_{\text{гр}} = 100$  кг/доба

Тип обробки – заморожування полуниці

Тара – металеві піддони на стелажах

Температура продукту при надходженні  $t_{\text{надх}} = 4$  °C

Температура відпуску  $t_{\text{відп}} = -18$  °C

Тривалість циклу холодильної обробки  $\tau_{\text{ц}} = 8$  з

Система охолодження – безпосередня прямоточна

Холодоагент – R404A

Температура довкілля  $t_{\text{о}} = 20$  °C

ЗМІСТ	С.
1. Вступ.....	4
2. Визначення будівельної площі камери.....	6
3. Вибір будівельних конструкцій та ізоляційних матеріалів.....	7
4. Теплотворний розрахунок охолоджуючих приміщень.....	8
5. Тепловий розрахунок.....	10
6. Розрахунок циклу холодильної установки.....	18
7. Підбір основного обладнання.....	21
8. Розрахунок кількості холодоагенту, необхідного для заправлення системи.....	25
9. Охорона праці.....	32
Список літератури.....	35

					ХК 61.00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Новіцький			Проектування холодильної камери шокового заморожування	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мерзляков					2	34
Реценз.						СумДУ, ХК 61/1-Х		
Н. Контр.								
Утверд.								

## 1. ВСТУП

Шокове заморожування – це спосіб заморожування продуктів без зміни їх хімічного складу та структури.

Цей спосіб заморожування заснований на властивостях замерзання рідини всередині продуктів, молекули якої в процесі шокового заморожування кристалізуються. Під час шокового заморожування відбувається процес утворення кристалів льоду без збільшення його об'єму відносно до початкового об'єму рідини. У процесі такого заморожування утворюються кристали льоду, що мають однаковий розмір з молекулами води. Структура клітин продуктів при цьому не руйнується і після розморожування продукт повністю зберігає свої властивості.

Переваги використання технології шокового заморожування:

- 1 Завдяки суттєвому зменшенню часу заморожування продукт має якісний вигляд, зберігає усі властивості та смак, зменшується час на виготовлення готової продукції, що також дозволяє економити витрати на енергоносії.
- 2 За рахунок більш тривалого терміну зберігання продукції з'являється можливість краще планувати виробництво, економити при закупівлі сезонних продуктів, готувати товарний запас рідше повторюючи процес виробництва.
- 3 Дозволяє збільшити прибуток від реалізації вагових продуктів за рахунок менших втрат у їх вазі.
- 4 Застосування технології допомагає отримати продукт, що дійсно відповідає стандартам.
- 5 Дозволяє збільшити асортимент продукції.

В чому ж полягає привабливість використання апаратів для шокового заморожування? В першу чергу, це якість продукту, як для продавця так і для покупця. На відміну від класичного заморожування, продукт після шокового заморожування має менші пошкодження структури тканин, що

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

забезпечує більшу якість після його розморожування та зберігає привабливий товарний вигляд.

Переваги камер шокового заморожування:

На відміну від традиційних способів заморожування та охолодження, шоковий спосіб представляє собою ті ж гіпотермічні процеси, тільки вони проходять в декілька разів швидше. В результаті сирий або оброблений продукт, напівфабрикат або готова страва, дуже швидко або практично моментально піддаються дії низької температури і майже повністю зберігають мікроскопічну (клітинну) структуру, початковий рівень вологості (економія ваги нетто становить понад 100%), стерильність, тому що відсутні умови для розвитку патогенної мікрофлори, вітаміни, мінерали та поживні речовини у незміненому стані.

Як закономірний підсумок такого швидкого, але надзвичайно дбайливого інтенсивного шокового заморожування – всі продукти при адекватній дефрострації демонструють ідеально збережені текстуру продукту, його товарні якості, смакові переваги, аромат та природну корисність для здоров'я.

В камерах шокового заморожування продукт, напівфабрикат або свіжа їжа охолоджується з початкових +4 °С до -18 °С. Такі специфічні особливості заморожування гарантують відсутність в його процесі в клітинній структурі їжі великих кристалів льоду, що забезпечують виключення руйнування мікроструктури рослинної і тваринної сировини.

Таким чином камери шокового заморожування виконують ті важливі завдання забезпечення швидкого заморожування їжі, які всім іншим способам консервації недоступні.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕРИ

Пропонується камеру шокового заморожування побудувати із сендвіч-панелей. Такі камери, зазвичай, встановлюються у підсобних приміщеннях або цехах. Монтуються вони одразу на місці з окремих сендвіч-панелей. Сендвіч-панелі мають таку будову: з двох сторін обшиті нержавіючим металом, а в середині заповнені пінополіуретаном, пінополістеролом або мінеральною ватою. Такі панелі з'єднуються двома способами, один з яких це клиновий «ластівка», а при другому методі вони стягуються болтами. Місця з'єднань додатково ущільнюють герметиком, для того щоб зменшити теплоприпливи від навколишнього середовища, а також зменшити витрати для досягнення необхідних температурних та вологісних режимів.

Товщина панелей визначається необхідним температурним режимом для її експлуатації: при температурі  $-5^{\circ}\text{C}$  товщина панелі до 100 мм; від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$  товщина панелі буде варіюватись від 100 мм до 150 мм; при необхідному режимі у  $-25^{\circ}\text{C}$  товщина панелі буде від 150 мм.

Спираючись не це, сітку колон не приймаємо і будемо розраховувати будівельну площу, відштовхуючись від допоміжного обладнання, спираючись на норми охорони праці щодо розташування допоміжного обладнання в камері та їх відстаней від стіни, а також між ним.

Допоміжне обладнання представлене у вигляді гравітаційних стелажів, які розміщені у 4 ряди по 2 стелажі в кожному, на яких розміщено по 3 залізних полиці, з характерними розмірами  $L \times B \times H = 1000 \times 500 \times 1500 \text{ мм}$ . Для кращого безперешкодного руху гравітаційних стелажів та обслуговуючого персоналу в камері не будемо розташовувати їх близько до стіни, а приймемо відстань між стелажимами та їх відстань від стіни 0,5 м.

Схема камери шокового заморожування представлена на рис. 2.1: довжина стіни  $L=5 \text{ м}$ , ширина стіни  $B=4 \text{ м}$ , висота камери  $H=2,5 \text{ м}$ . Знаючи ці розміри можна визначити будівельну площу камери  $F_{\text{кам.}}$ .

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Площа камери шокowego заморожування:

$$F_{\text{кам}} = L \cdot B = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

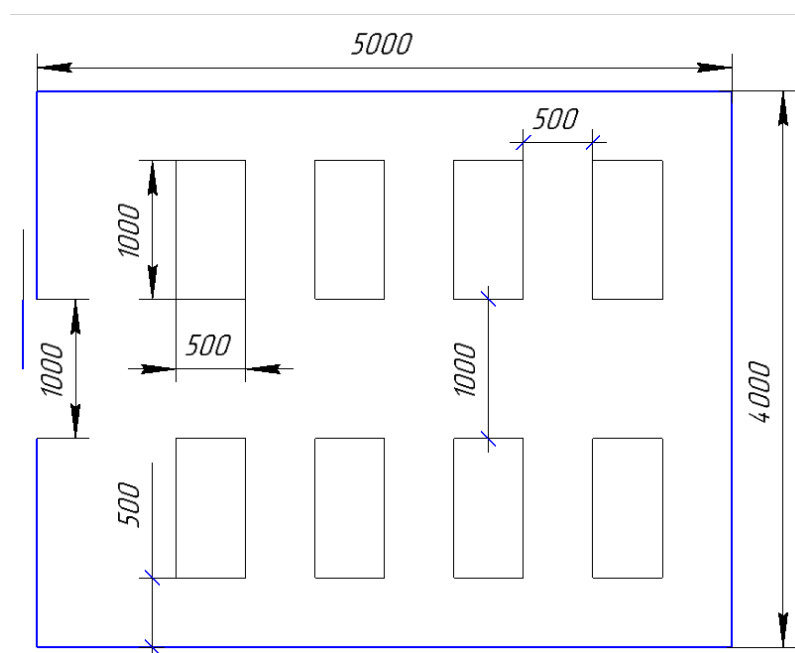


Рисунок 2.1 – Схема камери шокowego заморожування

### 3. ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРАЛІВ

Холодильна камера будується одноповерховою і виконується за каркасною схемою із сендвіч-панелей, при цьому все навантаження від покриття і підвісного обладнання передається на каркас зі збірних елементів (балок, стін). Сендвіч-панелі з'єднуються клиновим методом, при цьому на пазові присутня клейка стрічка для більшої щільності та міцності з'єднання.

З західної сторони камери біля її виходу при загрузці та розвантаженні товару використовують під'їзний фіксуєчий пандус.

Стіни камери шокowego заморожування є самонесучими (рис. 2.1) та виконані із сендвіч-панелей, товщина яких варіюється в залежності від навантажень та потрібної ізоляції від 50 до 180 мм. Довжина панелі може варіюватися від 2 до 13,5 м, «лицьова» сторона виконана з нержавіючої сталі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

товщиною від 0,4 до 0,7 мм, у якості наповнювача, який є теплоізоляційним матеріалом, використовується пінополіуретан.

Для захисту ґрунту від промерзання під підлогою передбачена бетонна стяжка з електронагрівачами.

Для безперешкодного завантаження та розвантаження камери шокового заморожування та вільного пересування стелажів і людей встановлено відкочувальні двері товщиною 80 мм. Захистом дверей від механічних пошкоджень служить металева обшивка, яка водночас є пароізоляцією. Дверний блок обладнаний електрообігрівом по периметру, клапаном вирівнювання тиску та запірним пристроєм.

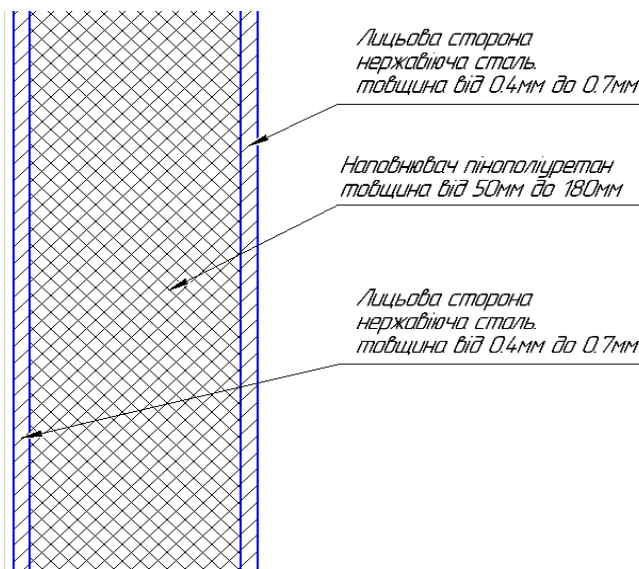


Рисунок 2.1 – Будівельна конструкція сендвіч-панелі

## 4. ТЕПЛОТВОРНИЙ РОЗРАХУНОК ОХОЛОДЖУЮЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

### 4.1 Розрахунок необхідної товщини ізоляції

Розрахунок товщини ізоляції зовнішньої стіни камери заморожування:

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \left[ \frac{1}{k_H} - \left( \frac{1}{\alpha_{зс}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \right] \quad (4.1)$$

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



теплопровідності і товщини:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = 17,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}; \delta_1 = \delta_2 = 0,0004 \text{ м}; \lambda_{\text{із}} = 0,035 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}; \alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 11 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{\text{із}} = 0,035 \left[ \frac{1}{0,296} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{11} + \frac{0,0004}{17,5} + \frac{0,0004}{17,5} \right) \right] = 0,112 \text{ м},$$

приймаємо  $\delta_{\text{із}} = 0,15 \text{ м}$ .

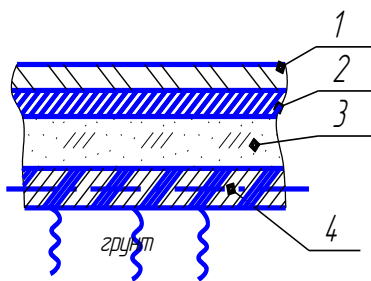
Товщину ізоляції всіх стін та покриття, приймаємо таку ж.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{зс}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}}, \quad (4.2)$$

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{11} + \frac{0,0004}{17,5} + \frac{0,0004}{17,5} + \frac{0,15}{0,035}} = 0,23 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Розрахунок товщини ізоляції для підлоги з підігрівом в камері заморожування:



1. Чиста підлога;
2. Бетонна стяжка;
3. Шар насипної ізоляції;
4. Бетонна підготовка з електронагрівачами

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} \left[ \frac{1}{k_{\text{н}}} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \right] \quad (4.3)$$

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності та товщини:

$$\lambda_1 = 0,98 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}; \delta_1 = 0,02 \text{ м}; \lambda_2 = 1,86 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}; \delta_2 = 0,04 \text{ м}; \lambda_{\text{із}} = 0,031 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

$$\delta_{\text{із}} = 0,031 \left[ \frac{1}{0,21} - \left( \frac{1}{11} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,04}{1,86} \right) \right] = 0,143 \text{ м}$$

Товщину підлоги приймаємо  $\delta_{\text{із}} = 0,15 \text{ м}$ .

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_{іс}}{\lambda_{іс}}}, \quad (4.4)$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{11} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,04}{1,86} + \frac{0,15}{0,031}} = 0,201 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

## 5. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

5.1 Навантаження на камерне обладнання визначається як сума всіх теплонадходжень в дану камеру за формулою ([3], с. 55):

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{обл}, \text{ Вт} \quad (5.1)$$

5.2. Теплонадходження через огорожуючі конструкції  $Q_1$  визначається за формулою ([2], с. 56):

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт} \quad (5.2)$$

де  $Q_{1T}$  – теплонадходження через стіни, перегородки, покриття і підлогу, Вт;

$Q_{1C}$  – теплонадходження від сонячної радіації, Вт.

Оскільки камера розташована всередині складського приміщення, то і теплонадходжень від сонця не отримуємо, а тому не рахуємо його.

5.2.1 Теплонадходження через стіни, перегородки, покриття і підлогу визначається за формулою ([2], с. 56):

$$Q_{1T} = K_0^d \cdot F \cdot (t_{зн} - t_{вн}), \text{ Вт} \quad (5.3)$$

де  $K_0^d$  – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$  – розрахункова площа поверхні огороження, м<sup>2</sup>;

$t_{зн}$ ,  $t_{вн}$  – розрахункові температури зовнішнього повітря в камері, °С.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розрахунку теплонадходжень через внутрішні огороження, які виходять в неохолоджувані приміщення (коридори, вестибюлі, тамбури), різниця температур приймається як частина розрахункової різниці температур: для зовнішніх стін:  $0,7 \times (t_{zn} - t_{вн})$ , якщо ці приміщення сполучаються з зовнішнім повітрям, і  $0,6 \times (t_{zn} - t_{вн})$ , якщо не сполучаються.

5.2.2 Теплонадходження від сонячної радіації визначаються за формулою ([2], с. 57):

$$Q_{1C} = K_0^{\partial} \cdot F \cdot \Delta t_c, \text{Вт} \quad (5.4)$$

де  $\Delta t_c$  – надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час, °С; приймається за таблицею ([2], с. 58).

Всі розрахунки заносяться до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Зведена таблиця теплонадходжень  $Q_1$

Назва камери	Найменування огороження	$K_0^{\partial}; \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	Розміри			F; $\text{м}^2$	$t_{zn}; ^{\circ}\text{C}$	$t_{вн}; ^{\circ}\text{C}$	$\Delta t; ^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_c; ^{\circ}\text{C}$	$Q_{1T}; \text{Вт}$	$Q_{1C}; \text{Вт}$	$Q_1; \text{Вт}$
			L	B	H								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кам. Полуниці	Зс-Пн	0,23	5	-	2,5	12,5	20	20	22,8	-	109,25	-	109,25
	Зс-Пд	0,23	5	-	2,5	12,5	20		22,8	-	109,25	-	109,25
	Зс-Зх	0,23	4	-	2,5	10	20		22,8	-	87,4	-	87,4
	Зс-Сх	0,23	4	-	2,5	10	20		22,8	-	87,4	-	87,4
	Покриття	0,23	5	4	-	20	20		22,8	-	174,8	-	174,8
	Підлога	0,201	5	4	-	20	1		11,4	-	76,38	-	76,38
												644,48	

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці визначається за формулою ([3], с. 58):

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m}, \text{ Вт} \quad (5.5)$$

де  $Q_{2np}$  – теплонадходження від продуктів при холодильній обробці, Вт;

$Q_{2m}$  – теплонадходження від тари, Вт.

5.3.1 Теплонадходження від продуктів при холодильній обробці визначається за формулою ([3] с. 58):

$$Q_{2np} = M_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{8 \cdot 3600}, \text{ Вт} \quad (5.6)$$

де  $M_{np}$  – добове надходження продукту в камеру,  $\frac{\text{т}}{\text{доб}}$ ;

$\Delta i$  – різниця питомих ентальпій продукту, які відповідають початковій і кінцевій температурам продукту,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ; приймаються за додатком 10 ([3], с. 217-218).

5.3.2. Теплонадходження від тари визначаються за формулою [3], с. 59);

$$Q_{2m} = M_m \cdot C_m \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{8 \cdot 3600}, \text{ Вт} \quad (5.7)$$

де  $M_m$  – добове надходження тари,  $\frac{\text{т}}{\text{доб}}$ ; приймається за ([3], с. 59);

$C_m$  – питома теплоємність тари,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ; приймається за ([3], с. 59);

$t_1, t_2$  – початкова і кінцева температури тари, °С; приймаються такими, що дорівнюють початковій і кінцевій температурам продукту.

Всі розрахунки заносяться до таблиці 5.2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q<sub>2</sub>

Назва камери	M <sub>доб</sub> т/доб	M <sub>г</sub> т/доб	t <sub>1</sub> °C	t <sub>2</sub> °C	Δt °C	i <sub>1</sub> кДж/к Г	i <sub>2</sub> кДж/ кг	Δi кДж/к Г	C <sub>г</sub> кДж /кг* К	$\frac{1000*}{1000}$ $\frac{24*36}{00}$	Q <sub>2пр</sub> Вт	Q <sub>2г</sub> Вт	Q <sub>2</sub> Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КЗ Полуніці	0,1	0,01	4	-18	22	287	6,7	280,3	0,5	3,47	973,26	3,82	977,1

5.4 Теплонадходження від вентиляції визначаються за формулою ([3] с. 251):

$$Q_3 = \frac{V_k \cdot a \cdot \rho_n \cdot (i_{zn} - i_{вн})}{86,4} , \text{Вт} \quad (5.8)$$

де  $V_k$  – об'єм камери,  $\text{м}^3$ ;

$a$  – кратність повітрообміну; приймається по ([3], с. 60);

$\rho_n$  – щільність повітря при температурі і відносній вологості в камері

$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ; приймається за додатком 8 ([4], с. 602);

$i_{zn}, i_{вн}$  – питомі ентальпії зовнішнього повітря і повітря в камері,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

знаходяться по  $i-d$  – діаграмі для вологого повітря.

Всі розрахунки заносяться до таблиці 3.3.

Таблиця 5.3 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень  $Q_3$

Назва камери	$V_k$ ; $\text{м}^3$	$a$	$\rho_n$ ; $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$t_{zn}$ ; $^{\circ}\text{C}$	$t_{вн}$ ; $^{\circ}\text{C}$	$\Phi_{zn}$ ; %	$\Phi_{вн}$ ; %	$i_{zn}$ ; $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$i_{вн}$ ; $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$\Delta i$ ; $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$Q_3$ ; Вт
КЗ Полуниці	50	3	1,2	20	-18	75	85	47,9	16,5	64,4	65,41

5.5. Експлуатаційні теплонадходження визначаються за формулою 9.18 ([3], с. 61):

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 , \text{Вт} \quad (5.9)$$

де  $q_1$  – теплонадходження від освітлення, Вт;

$q_2$  – теплонадходження від перебування людей у камері, Вт;

$q_3$  – теплонадходження від працюючих електродвигунів, Вт;

$q_4$  – теплонадходження при відкриванні дверей, Вт.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

5.5.1. Теплонадходження від освітлення визначається за формулою 9.13 ([3] с. 60):

$$q_1 = A \times F, \text{ Вт} \quad (5.10)$$

де  $A$  – теплота, що виділяється джерелом освітлення в одиницю часу на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ ; приймається по ([3], с. 60);

$F = 20$  площа камери,  $\text{м}^2$ .

5.5.2. Теплонадходження від перебування людей в камері визначається за формулою 9.14 ([3] с. 60);

$$q_2 = 350 \times n, \text{ Вт} \quad (5.11)$$

де  $n$  – кількість людей, працюючих в даному приміщенні, чол.; приймається в залежності від площі камери по ([3], с. 60);

тепловиділення однієї людини при важкій фізичній праці, 350 Вт;

5.5.3. Теплонадходження від працюючих електродвигунів визначається за формулою 9.15([3], с. 60);

$$q_3 = N_{\text{дв.}} \cdot 1000, \text{ Вт} \quad (5.12)$$

де  $N_{\text{дв.}}$  – сумарна потужність електродвигунів, кВт; приймається за ([15] с. 60);

1000 – перевідний коефіцієнт з кВт у Вт.

5.5.4 Теплонадходження при відкриванні дверей визначається за формулою 9.17 ([3] с. 61);

$$q_4 = K \cdot F, \text{ Вт} \quad (5.13)$$

де  $K$  – питомий прилив теплоти при відкриванні дверей,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ ;

приймається за таблицею 3.2 ([3], с. 61);

Всі розрахунки заносяться до таблиці 5.4.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 5.4 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень  $Q_4$

Назва камери	F; м <sup>2</sup>	A; $\frac{Вт}{м^2}$	q <sub>1</sub> ; Вт	n;	q <sub>2</sub> ; Вт	N <sub>дв.</sub> ; кВт	q <sub>3</sub> ; Вт	K; $\frac{Вт}{м^2}$	q <sub>4</sub> ; Вт	Q <sub>4</sub> ; Вт
КЗ Полуниці	20	4,7	94	2	700	0	0	10	200	994

5.6 Теплонадходження від овочів та фруктів при «диханні» визначається за формулою 9.10 ([3] с. 59)

$$Q_5 = V_k \cdot (0,1 \cdot q_n + 0,9 \cdot q_{зб}), \text{ Вт} \quad (5.14)$$

де  $V_k = 0,1$  кг – місткість камери;

$q_n, q_{зб}$  – тепловиділення плодів при температурах надходження і зберігання, Вт/т; приймається за додатком 8 ([3] с. 216).

Всі розрахунки заносяться в таблицю 5.5

Таблиця 5.5 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень  $Q_5$

Назва камери	$V_k$	$q_n$	$q_{зб}$	$Q_5$
КЗ Полуниці	100	35	0	350

5.7 Розрахунки всіх теплонадходжень заносяться в зведену таблицю 5.6 і визначається навантаження на камерне обладнання.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Таблиця 5.6 – Розрахунок теплонадходжень Q

Назва камери	$t_{кам}$	$Q_1, Вт$		$Q_2, Вт$		$Q_3, Вт$		$Q_4, Вт$		$Q_5, Вт$		$\Sigma Q, Вт$	
		Кам. обл	КМ	Кам. обл	КМ	Кам. обл	КМ	Кам. обл	КМ	Кам. обл	КМ	Кам. обл	КМ
КЗ Полунниці	-18	644,48	-	977,1	977,1	65,4 I	-	994	-	350	-	4008,1	977,1
Всього													4985,2

## 6. РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Розрахунок циклу холодильної установки будемо представляти у  $P, h$  - діаграмі. Для цього необхідно спочатку знайти температури кипіння та конденсації, щоб розрахувати характерні точки циклу.

Холодопродуктивність  $Q_0 = 4,98 \text{ кВт}$ .

Температура навколишнього середовища у найтепліший місяць  $t_{нс} = 30^\circ\text{C}$ .

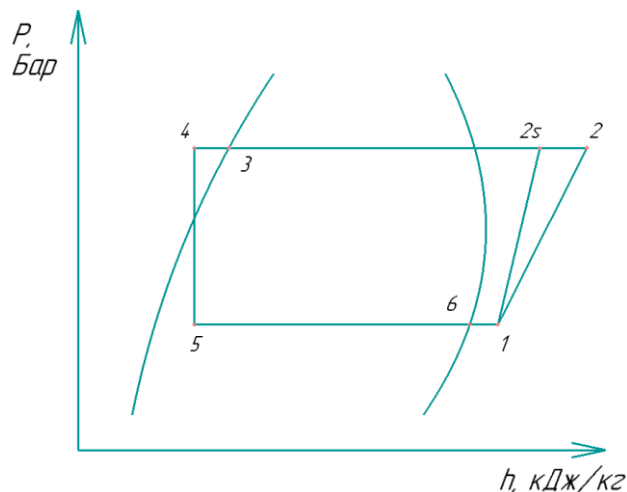


Рисунок 6.1 – Цикл одноступеневої холодильної машини у  $P, h$ - координатах

6.1 Знайдемо температуру конденсації  $t_{кд} \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta t_{кд} = t_{кд} - t_{нов.вх.кд},$$

де  $t_{нов.вх.кд}$  – температура повітря на вході до конденсатора, яка дорівнює температурі навколишнього середовища  $t_{нс}$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{кд} = (10...20) \text{ K}$  – повний температурний напір на конденсаторі, приймаємо  $\Delta t_{кд} = 15^\circ\text{C}$

$$t_{кд} = t_{нс} + \Delta t_{кд} = 30 + 15 = 45^\circ\text{C} \quad (6.1)$$

Переохолодження холодильного агента у повітряних конденсаторах  $\Delta t_{н/о} = 4...7^\circ\text{C}$ , приймаємо  $\Delta t_{н/о} = 6^\circ\text{C}$ .

6.2 Визначимо температуру кипіння холодильного агента  $t_0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta t_B = t_{нов.вх.В} - t_0,$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $t_{нов.вх.В} = -18^{\circ}\text{C}$  – температура повітря на вході до випаровувача;

$\Delta t_B = 6...10^{\circ}\text{C}$  – повний температурний напір, приймаємо  $\Delta t_B = -7^{\circ}\text{C}$

$$t_0 = -18 - 7 = -25^{\circ}\text{C} \quad (6.2)$$

6.3 Визначимо температуру холодоагенту на всмоктуванні в КМ

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{n/2},$$

де  $\Delta t_{n/2} = 5...8^{\circ}\text{C}$  – перегрів холодильного агента повітряних випаровувачів, приймаємо  $\Delta t_{n/2} = 7^{\circ}\text{C}$

$$t_1 = -25 + 7 = -18^{\circ}\text{C} \quad (6.3)$$

Подальші розрахунки циклу будемо виконувати за допомогою програмного продукту CoolPack.

Таблиця 6.1 – Питомі параметри характерних точок циклу

Параметр	Точки						
	1	2s	2	3	4	5	6
$P$ , бар	2,5	20,5	20,5	20,5	20,5	2,5	2,5
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	-18	59	65	45	39	-25	-25
$h$ , кДж/кг	360	403	411	272	262	262	353

6.4 Питома робота КМ:

$$l_k = \frac{l}{\eta} = \frac{(h_{2s} - h_1)}{\eta} = \frac{(403 - 360)}{0,85} = 50,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad (6.4)$$

де  $\eta = 0,85$  адіабатний ККД компресора.

6.5 Дійсні параметри в точці 2:

$$h_2 = h_1 + \frac{(h_{2s} - h_1)}{\eta} = 360 + \frac{(403 - 360)}{0,85} = 411 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad (6.5)$$

6.6 Питома холодопродуктивність:

$$q_0 = (h_6 - h_5) = 353 - 262 = 91 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad (6.6)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7 Питоме теплове навантаження на конденсатор:

$$q_{кд} = (h_2 - h_3) = (411 - 272) = 139 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}. \quad (6.7)$$

6.8 Питоме теплове навантаження на випарник дорівнює теплопродуктивності:

$$Q_B = Q_T = 4,98 \text{ кВт} \quad (6.8)$$

6.9 Масова продуктивність холодильного агента:

$$m_a = \frac{Q_B}{q_0} = \frac{4,98}{91} = 0,055 \text{ кг/с} \quad (6.9)$$

6.10 Навантаження на конденсатор:

$$Q_{КД} = m_a \cdot q_{КД} = 0,055 \cdot 139 = 7,65 \text{ кВт} \quad (6.10)$$

6.11 Адіабатна потужність компресора:

$$N = m_a \cdot l_k = 0,055 \cdot 50,6 = 2,78 \text{ кВт} \quad (6.11)$$

6.12 Потужність компресора на приводі:

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta_{пер} \cdot \eta_{дв}} = \frac{2,78}{0,99 \cdot 0,85} = 3,3 \text{ кВт} \quad (6.12)$$

де  $\eta_{пер} = 0,99$  адіабатний ккд передачі;

$\eta_{дв} = 0,85$  адіабатний ккд компресора.

6.13 Коефіцієнт перетворення:

$$COP = \frac{Q_B}{N_{np}} = \frac{4,98}{3,3} = 1,51 \quad (6.13)$$

6.14 Коефіцієнт перетворення, що працює за циклом Карно:

$$COP_{id} = \frac{T_0}{T_k - T_0} = \frac{248}{318 - 248} = 3,54 \quad (6.14)$$

6.15 Ступінь термодинамічної досконалості циклу:

$$\eta_t = \frac{COP}{COP_{id}} = \frac{1,51}{3,54} = 0,43 \quad (6.15)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Параметри холодильної установки

$q_v$ , кДж/кг	$q_{кд}$ , кДж/кг	$l_k$ , кДж/кг	$Q_v$ , кВт	$m_a$ , кг/с	$Q_{кд}$ , кВт	$N_{км}$ , кВт
91	139	50,6	4,98	0,055	7,65	2,78

Продовження таблиці 6.2

$N_{пр}$ , кВт	COP	COP <sub>ід</sub>	ККД
3,3	1,51	3,54	0,43

## 7. ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

За отриманими параметрами циклу у розділі 6 виконаємо підбір основного та допоміжного обладнання, що працює на холодильному агенті R404A. Даний фреон є сумішшю трьох інших фреонів, а саме R125, R143a, R134a в процентному співвідношенні 44%/52%/4%. Це озонозберігаючий фреон який був штучно синтезований на заміну R502, повністю відповідає головним якостям, а у більшості навіть краще свого попередника. Холодоагент відрізняється наступними властивостями:

- низькою температурною розрядкою, продовжує тривалість роботи компресора;
- легкою дозаправкою контуру;
- невеликими експлуатаційними витратами;
- стійкий до високих температур;
- стійкий до кислоти (окислювача);

$Q_0 = 4,98 \text{ кВт}$  – холодопродуктивність холодильної машини;

$N_{км} = 3,4 \text{ кВт}$  – адіабатна потужність КМ.

Виходячи з цих двох параметрів ми можемо підібрати холодильний агрегат MANEUROP ([8] ст. 36).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Поршневі компресори MANEUROP призначені для роботи в широкому діапазоні робочих умов. Ці герметичні поршневі компресори призначені для роботи в середніх і високих температурах кипіння х/а. Електродвигун компресора повністю охолоджується всмоктуючим холодоагентом і заправлений мінеральним маслом.

Таблиця 7.1 – Технічна характеристика герметичного поршневого компресора MANEUROP, R404A

Агрегат	$t_{\text{кам}},$ °C	$t_{\text{ос}},$ °C	$Q_0,$ кВт	$N_{\text{км}},$ кВт	I, А
AK-LTZ44-C	-18	30	4.98	4.1	9,8

Терморегулюючий вентиль вибираємо від виробника Emerson Common, а саме із серії TCLE ([9] ст. 218).

Такі терморегулюючі вентиля мають модульну конструкцію, що дозволяє зменшити витрати на зберігання, також вона зручна в обслуговуванні. Мають високу стабільність роботи завдяки великим силам, які створюються діафрагмою великого діаметру.

Таблиця 7.2 – Технічні характеристики терморегулюючого вентиля

Назва	Серія	Модель	Номінальна продуктивність, кВт
Emerson Common	TCLE	SW150	5,6

Конденсатор підбираємо Tecumseh Europe ([10] ст. 11).

Він має посилену електричну безпеку: магнітотермічний вимикач, прилад внутрішнього захисту вентилятора, додатковий вимикач на вентиляторі. Робочі вентиля на ресивері дозволяють ізолювати холодильний агент при технічному обслуговуванні

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 – Технічні характеристики конденсатора

Модель	Код напруги	T <sub>ос</sub> °C	T <sub>кам</sub> °C	Теплопродуктивність, кВт
SILAGD25322	TZ	32	-25	9,3

Підбираємо повітроохолоджувач фірми Belief (11).

Повітроохолоджувач стельовий компактний серії BS-TEF 054L ED розроблений для камер з температурою від  $t_0 = -5^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Цей повітроохолоджувач має вбудовані ТЕНи для забезпечення відтайки утвореної сніжної шуби.

Таблиця 7.4 – Технічні характеристики повітроохолоджувача

Назва	T <sub>0</sub> , °C	Q <sub>0</sub> , кВт	Крок ребер, мм	DT, Вт	V, м <sup>3</sup>	L, мм	B, мм	H, мм
BS-TEF 054L ED	-25	5.4	7,0	8	7,7	644,5	2093	264

Оскільки під час роботи холодильної установки на ребрах випарника утворюється сніжна шуба яка зменшує коефіцієнт теплопровідності та в цілому заважає нормальній роботі, підбираємо систему відтайки на основі повітроохолоджувача Belief який має вбудовані ТЕНи.

Принцип роботи системи відтайки:

Випарник забезпечують електронагрівачами паралельно з трубками випарника. Як правило, такі нагрівачі групуються в трьох зонах, щоб забезпечити рівномірну відтайку. В цьому випадку після запуску за допомогою реле часу ( часового механізму) режиму відтайки повинні бути виконані наступні операції:

Знімається живлення з електронагрівача на магістралі рідкого холодильного агенту і компресор починає відкачувати пари х/а з випарника. Присутність рідкого холодильного агенту в випарнику під час включення

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

системи відтайки недопустима.

Вентилятори випарника включаються, що б не допустити потрапляння тепла від електронагрівачів в охолоджуваній об'єм і попередити підвищення температури в ньому.

Компресор запускається за командою запобіжного реле. Компресор повинен бути виключеним протягом всього періоду відтайки.

Подається напруга на електронагрівачі і починається процес відтайки. Температура стінок випарника починає зростати до 0°C. В цій точці температура залишається незмінною до того часу, поки повністю не розтане сніжна шуба, яка утворилась на ребрах випарника. Після чого температура знову починає підніматись.

Після того як температура стінок досягне 10 °C датчик температури дає сигнал відключення живлення електронагрівачів.

В цей момент, хоч це і не є обов'язковим, виконують операцію по усушці та видаленню вологи з зовнішньої поверхні випарника. Для цього при ввімкненому вентиляторі випарника запускають компресор, щоб заморозити рідину яка стікає по випарнику. Коли вмикається вентилятор, вода, яка замерзла, не потрапить на охолоджувані продукти і вологість повітря у камері не зросте.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					





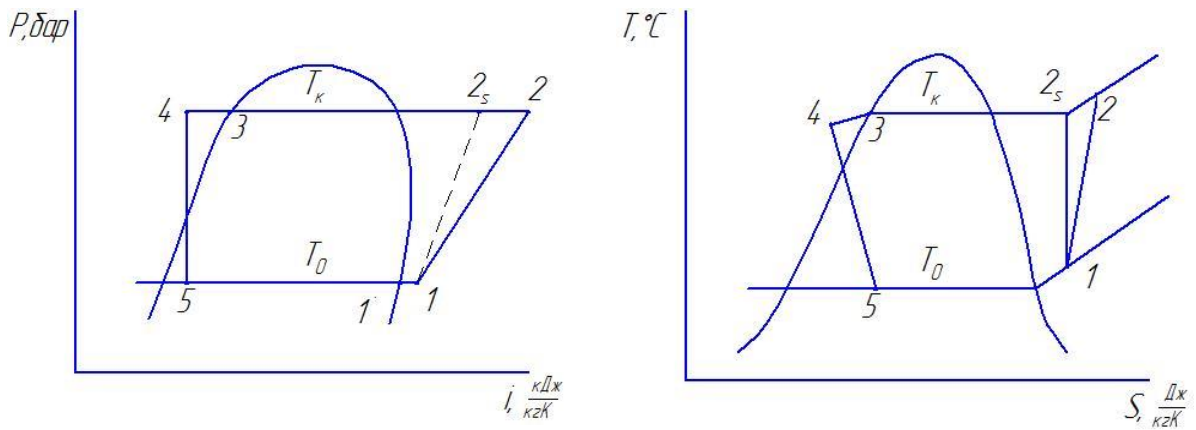


Рисунок 8.2 – Зображення процесу в  $P, i$  и  $T, S$  – діаграмах.

Таблиця 8.1 – Параметри циклу у вузлових точках

Вузол	Густина, $\text{кг/м}^3$		Температура, $^{\circ}\text{C}$	Ентальпія, $\text{кДж} / \text{кг}$	Тиск, $\text{бар}$
	рідина	пар			
1	1188,64	16,43	-18	360	2,5
2s	711,6	183,49	59	403	20,5
2	632	233	65	411	20,5
3	847,1	116	45	272	20,5
4	893,6	96,8	39	207	20,5
5	1214,2	12,73	-25	207	2,5
6	1214,2	12,73	-25	353	2,5

Для розрахунку кількості холодильного агента ХУ використовують коефіцієнт  $\varphi = \frac{V_F}{V}$  заповнення який є відношенням об'єму заповненої рідини секції до об'єму даної секції установки.

Загальна кількість циркулюючого х/а в установці визначається за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot V_i \cdot \rho_{Fi} + (1 - \varphi_i) \cdot V_i \cdot \rho_{gi}, \text{кг}$$

$V_i$  – внутрішній об'єм секції;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I$  – порядковий номер  $n$ -й секції;

$P_{Fi}$  – густина рідини холодильного агенту,  $\text{кг/м}^3$ ;

$P_{gi}$  – густина рідини пара холодильного агенту,  $\text{кг/м}^3$ .

Значення густини беруться з урахуванням тиску холодильного агенту установки з таблиці властивостей пара використовуючи програму CoolPack.

Для оцінки достатньо розрахунку тільки за рідинними складовими.

Діаметри трубопроводу:

$$d_{pid} = 5/8, \text{ дюйм};$$

$$d_{ec} = 11/8, \text{ дюйм};$$

$$d_{naz} = 11/8, \text{ дюйм}.$$

Переведемо діаметри трубопроводів в сантиметри:

$$d_{pid} = \frac{5}{8} \cdot 2,54 = 1,58 \text{ см}$$

Оскільки діаметри всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводу однакові рахуємо лише один:

$$d_{ec} = \frac{11}{8} \cdot 2,54 = 3,5 \text{ см}$$

Приймаємо необхідну довжину трубопроводів:

$$h_{pid} = 3 \text{ м}, \text{ довжина рідинного трубопроводу},$$

$$h_{ec} = 4,5 \text{ м}, \text{ довжина всмоктуючого трубопроводу},$$

$$h_{naz} = 4,5 \text{ м}, \text{ довжина нагнітаючого трубопроводу}.$$

Внутрішній об'єм рідинного трубопроводу:

$$V_{pm} = h \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,0158}{2}\right)^2}{4} = 0,000147 \text{ м}^3$$

Внутрішній об'єм нагнітального трубопроводу:

$$V_{nm} = h \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 4,5 \cdot \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,035}{2}\right)^2}{4} = 0,00108 \text{ м}^3$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Внутрішній об'єм всмоктувального трубопроводу:

$$V_{em} = h \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 4,5 \cdot \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,035}{2}\right)^2}{4} = 0,00108 \text{ м}^3.$$

Кількість циркулюючого х/а в рідинному трубопроводі:

$$M_{pm} = \varphi_{pm} \cdot V_{pm} \cdot \rho_{Fpm} + (1 - \varphi_{pm}) \cdot V_{pm} \cdot \rho_{gpm}$$
$$M_{pm} = 1 \cdot 0,000147 \cdot 1214,2 + (1 - 1) \cdot 0,00108 \cdot 12,73 = 0,178, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а в нагнітальному трубопроводі:

$$M_{nm} = \varphi_{nm} \cdot V_{nm} \cdot \rho_{Fnm} + (1 - \varphi_{nm}) \cdot V_{nm} \cdot \rho_{gnm}$$
$$M_{nm} = 0 \cdot 0,00108 \cdot 711,6 + (1 - 0) \cdot 0,00108 \cdot 183,49 = 0,198, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а в всмоктувальному трубопроводі:

$$M_{em} = \varphi_{em} \cdot V_{em} \cdot \rho_{Fem} + (1 - \varphi_{em}) \cdot V_{em} \cdot \rho_{gem}$$
$$M_{em} = 0 \cdot 0,00108 \cdot 1188,64 + (1 - 0) \cdot 0,00108 \cdot 16,43 = 0,0177, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а в конденсаторі:

$$M_{kd} = \varphi_{kd} \cdot V_{kd} \cdot \rho_{Fkd} + (1 - \varphi_{kd}) \cdot V_{kd} \cdot \rho_{gkd}$$
$$M_{kd} = 0,6 \cdot 0,0077 \cdot 847,1 + (1 - 0,6) \cdot 0,0077 \cdot 116 = 4,27, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а у випарнику:

$$M_v = \varphi_v \cdot V_v \cdot \rho_{Fv} + (1 - \varphi_v) \cdot V_v \cdot \rho_{gv}$$
$$M_v = 0,3 \cdot 0,0077 \cdot 1214,2 + (1 - 0,3) \cdot 0,0077 \cdot 12,73 = 2,87, \text{ кг}$$

Загальна кількість циркулюючого х/а в установці

$$M = \sum_{i=1}^n M_i = 0,178 + 0,198 + 0,0177 + 4,27 + 2,8 = 7,53, \text{ кг}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.2 – Кількість циркулюючого х/а

Вузол	$\varphi$	V, м <sup>3</sup>	M, кг
Нагнітальний трубопровід	0	0,00108	0,198
Рідинний трубопровід	1	0,000147	0,178
Всмоктувальний трубопровід	0	0,00108	0,0177
Конденсатор	0,6	0,0077	4,27
Випарник	0,3	0,0077	2,87
Всього:			7,53

Розрахунок кількості холодильного агенту при простоюванні обладнання

Кількість циркулюючого х/а в рідинному трубопроводі:

$$M_{pm} = \varphi_{pm} \cdot V_{pm} \cdot \rho_{Fpm} + (1 - \varphi_{pm}) \cdot V_{pm} \cdot \rho_{gpm}$$

$$M_{pm} = 1 \cdot 0,000147 \cdot 1214,2 + (1 - 1) \cdot 0,00108 \cdot 12,73 = 0,178, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а в нагнітальному трубопроводі:

$$M_{nm} = \varphi_{nm} \cdot V_{nm} \cdot \rho_{Fnm} + (1 - \varphi_{nm}) \cdot V_{nm} \cdot \rho_{gnm}$$

$$M_{nm} = 0 \cdot 0,00108 \cdot 1214,2 + (1 - 0) \cdot 0,00108 \cdot 12,73 = 0,0137, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а в всмоктувальному трубопроводі:

$$M_{em} = \varphi_{em} \cdot V_{em} \cdot \rho_{Fem} + (1 - \varphi_{em}) \cdot V_{em} \cdot \rho_{gem}$$

$$M_{em} = 0 \cdot 0,00108 \cdot 1214,2 + (1 - 0) \cdot 0,00108 \cdot 12,73 = 0,0137, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а в конденсаторі:

$$M_{kd} = \varphi_{kd} \cdot V_{kd} \cdot \rho_{Fkd} + (1 - \varphi_{kd}) \cdot V_{kd} \cdot \rho_{gkd}$$

$$M_{kd} = 0,6 \cdot 0,0077 \cdot 1214,2 + (1 - 0,6) \cdot 0,0077 \cdot 12,73 = 5,65, \text{ кг}$$

Кількість циркулюючого х/а у випарнику:

$$M_{e} = \varphi_{e} \cdot V_{e} \cdot \rho_{Fe} + (1 - \varphi_{e}) \cdot V_{e} \cdot \rho_{ge}$$

$$M_{e} = 0,3 \cdot 0,0077 \cdot 1214,2 + (1 - 0,3) \cdot 0,0077 \cdot 12,73 = 2,87, \text{ кг}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна кількість циркулюючого х/а в установці

$$M = \sum_{i=1}^n M_i = 0,178 + 0,0137 + 0,0137 + 5,65 + 2,87 = 8,72, \text{ кг}$$

Отримані величини кількості х/а для установок у всіх режимах та при простої порівняли та отримали, що  $M_{\text{прост}} = 8,72 < M = 7,53 \text{ кг}$ . Найбільше з них  $M_{\text{прост}} = 8,72 \text{ кг}$  відповідає потрібній кількості х/а без ресивера.

Таблиця 8.3 – Кількість циркулюючого х/а при простою ванні обладнанні

Вузол	$\varphi$	$V, \text{ м}^3$	Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$		$M, \text{ кг}$
			рідина	пар	
Нагнітальний трубопровід	0	0,00108	1214,2	12,73	0,0137
Рідинний трубопровід	1	0,000147			0,178
Всмоктувальний трубопровід	0	0,00108			0,0137
Конденсатор	0,6	0,0077			5,65
Випарник	0,3	0,0077			2,87
Всього:					8,72

Розрахунок об'єму ресивера.

Ресивер призначений для запобігання збоїв в роботі ХУ, що виникають при різних штатних ситуаціях та змінених умов н.с.

На практиці більшість встановлених ресиверів в змозі вміщувати весь об'єм х/а в системі, можуть бути перекриті з спускної та випускної сторони й ще їм потрібно утримувати як 10...15% об'єму залишкового заповнення, так й парообразну установку до 10% власного об'єму при  $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$ , у випадку заповненням загальною кількістю х/а в системі.

Потрібний об'єм ресивера:

$$V_{\text{номр}} = \frac{M_{\text{max}}}{0,85 \cdot \rho_{F20^\circ} \cdot \rho_{F\text{min}} - (1 - \varphi_p) \cdot \rho_{D\text{min}}} \cdot 10^3$$

0,85 – об'єм пароподібного прошарку;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\rho_{F20^{\circ}} = 1015 \text{ кг/м}^3$  – густина рідини х/а при  $t=20^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_{F\text{min}} = 955,2 \text{ кг/м}^3$  - густина рідини х/а при температурі н. с.  $t_{\text{н.с}}=30^{\circ}\text{C}$ ;

$\rho_{D\text{min}} = 1092 \text{ кг/м}^3$  - густина парообразного х/а при найнижчій температурі н. с.  $t_{\text{н.с}}=5^{\circ}\text{C}$

$$V_{\text{номр}} = \frac{8,72}{0,85 \cdot 1015 \cdot 955,2 - (1 - 0,15) \cdot 1092} = 0,0106, \text{ дм}^3$$

Запропонований ресивер який йде в комплекті з конденсатором фірми Tecumseh Europe серії SILAG2522Z підходить нам по об'єму  $V = 6 \text{ л}$ .

Остаточна кількість холодоагенту.

$$M_{\text{обш}} = M_{\text{max}} + V_{\text{рес}} \cdot (\varphi_p \cdot \rho_{F20^{\circ}} + (1 - \varphi_p) \cdot \rho_{D20})$$

$M_{\text{max}}$  - максимальна кількість холодоагенту

$$M_{\text{обш}} = 8,72 + 0,006 \cdot (0,15 \cdot 955,2 + (1 - 0,15) \cdot 1092) = 15,15 \text{ кг}$$

## 9. ОХОРОНА ПРАЦІ

Збірна холодильна камера проектується із застосуванням сучасного холодильного обладнання, що має високий рівень автоматизації.

У якості будівельно-ізоляційних матеріалів обрано сендвіч-панелі, в яких ізоляційним матеріалом є пінополіуретан. Холодильна установка працює 16 годин на добу. Так як при підвищенні концентрації парів холодоагенту в повітрі вміст кисню падає, в результаті чого може наступити кисневе голодування, яке може призвести до удушення, тому для попередження таких, або інших аварійних ситуацій використовуються новітні прилади автоматизації, які представлені як датчиками так і приладами візуального контролю. Машинне відділення агрегата повинне бути обладнане загальною вентиляцією, яка буде забезпечувати повітрообмін для виведення надлишкових парів та тепла в кратності з повітрям. Особлива увага приділяється технічному стану апаратів як об'єктів підвищеної небезпеки. Так наказом адміністрації, серед інженерно технічних працівників призначають відповідальних за справний стан і безпечну роботу апаратів, а

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

також з нагляду за експлуатацією апаратів. В приміщеннях де використовується холодоагенти, не допускається використання відкритих джерел вогню та паління. При високих температурах холодоагенти починають розкладатися з виділенням з'єднань хлору та фосгену, що відчувається за різким запахом і подразненню слизової оболонки дихальних шляхів, тому у випадку пожежі слід користуватися ізолюючими або фільтруючими протигазами.

При проектуванні враховано вимоги нормативного документа галузі.

### **9.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори**

Шкідливі виробничі фактори:

- високий рівень шуму та вібрацій на робочому місці;
- недостатній рівень освітленості робочої зони.

Небезпечні виробничі фактори:

- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі;

Збірна холодильна камера розташована в складському приміщенні, має легкоскидні елементи (двері), підлога даного приміщення є рівною, та неслизькою. В середині камери розташовано 2 ряди стелажів, та повітроохолоджувач.

### **9.2 Техніка безпеки**

Вимоги техніки безпеки регламентує нормативний документ галузі. ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Наказом керівника призначаються відповідальні особи із числа інженерно-технічних працівників, які пройшли в установленому порядку перевірку знань даних правил, в тому числі, по нагляду за технічним

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



станом і безпечною експлуатацією холодильної установки і дотриманням вимог даних правил.

Інструктаж з охорони праці обов'язковий для всіх, хто допускається до роботи з установкою.

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

- з обладнання та експлуатації холодильних установок;
- експлуатації холодильної системи;
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання долікарської допомоги при отруєнні, дії персоналу при виникненні аварійної ситуації тощо);
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі;
- номери телефонів та адреси організації, що обслуговує автоматизовану холодильну установку.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Сороко О. Л. Анализ способов замораживания пищевых продуктов / О. Л. Сороко. Ю. С. Усеня // Наука и инновации. – 2011. – №5 (99). – С. 63-67.

2 Одарченко А. М. Наукові основи формування якості харчових продуктів при консервуванні холодом / А. М. Одарченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 4/10 (64). – С. 40-42.

3 Янвель Б. К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. - М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.

4 Морозюк Т.В. Теория холодильных машин тепловых насосов. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с. (с приложением).

5 Нимич Г. В., В.А. Михайлов., Е.С. Бондарь., Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. – “ИВИК”. – 623 с.

6 Самойлов А.И., Игнатъев В.Г. Охрана труда при обслуживании холодильных установок. – М.: Агропромиздат, 1989. – 233 с.

7 <http://www.xiron.ru/content/view/31545/28/>

8 В. Б. Сапожникова – Пособие для ремонтника – АНОО “Учебный центр “Остров”.

9 «Общий каталог продукции» Copeland Emerson Climate Technologies. – 320 с.

10 «Общий каталог продукции» Tecumseh Europe. – 24 с.

11 <http://belief.su/produkt/>

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						