

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

**Інститут** Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого  
**Кафедра** теплоенергетики та холодильної техніки

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин Петренко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

Холодильні техніка та технологія

на тему: Проект холодильника м'ясокомбінату продуктивністю 10 т/добу у м. Рівне.

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗХМ-5-4

\_\_\_\_\_ Дейнека Олексій Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Грищенко Роман \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я) (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

\_\_\_\_\_ (підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2025 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри **ТЕХТ**

проф. Петренко В.П.

“01” жовтня 2024 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дейнека Олексій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника м'ясокомбінату продуктивністю 10 т/добу у м. Рівне.

керівник роботи к.т.н., Грищенко Р.В.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.10.2024 року № 861-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 06.02.2025 року

3. Вихідні дані до роботи Визначити оптимальних умов зберігання м'ясної продукції шляхом визначення основних розмірів і планування приміщення холодильника, підбору основного та допоміжного обладнання з урахуванням його технічних характеристик та специфіки зберігання різних видів м'яса

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
Вступ 1.Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції. 2.Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника. 3.Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника. 4.Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень. 5.Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори. 6.Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки. 7.Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини. 8.Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання. 9.Розрахунок охолодника оборотної води. 10.Вибір допоміжного обладнання. 11.Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах. 12. Вибір насосів. 13.Техніко-економічні показники. 14.Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі

2. Гідравлічна схема

3. Розріз будівлі



## Анотація

В бакалаврській роботі розраховано та спроектовано холодильник м'ясокомбінату продуктивністю 10 т/добу в місті Рівне. Проект спрямований на забезпечення оптимальних умов зберігання м'ясної продукції шляхом визначення основних розмірів і планування приміщення холодильника, підбору основного та допоміжного обладнання з урахуванням його технічних характеристик та специфіки зберігання різних видів м'яса.

В роботі враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях промислових холодильників м'ясопереробної галузі, сучасних системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесах зберігання м'ясної продукції. Особлива увага приділена дотриманню температурних режимів та вимог санітарної безпеки, характерних для зберігання м'яса та м'ясопродуктів.

В роботі детально описані розділи "Розрахунок холодильника м'ясокомбінату", "Охорона праці на м'ясопереробному підприємстві" та "Техніко-економічні показники".

Бакалаврська робота виконана на ПК з використанням сучасних прикладних програм: "Microsoft Excel" для розрахунків, "Microsoft Word" для текстового оформлення, креслення та схеми виконані за допомогою програми "AutoCad 2020".

Список використаної літератури містить 10 примірників.

**Ключові слова:** холодильне обладнання, м'ясокомбінат, проектування холодильників, зберігання м'ясної продукції, холодильні камери, температурний режим, санітарна безпека.

					<b>00.КР.142.009.003.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проект холодильника м'ясокомбінату продуктивністю 10 т/добу у м. Рівне.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Денінека О.М.					4	146
<i>Перевір.</i>		Грищенко Р.В.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Петренко В.П.						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>

## Abstract

This bachelor's thesis presents the calculation and design of a refrigeration facility for a meat processing plant with a capacity of 10 tons per day in Rivne. The project focuses on ensuring optimal conditions for meat product storage through determining the main dimensions and planning of the refrigeration facility, selection of primary and auxiliary equipment, considering their technical characteristics and specific requirements for different types of meat storage.

The work incorporates the latest achievements in spatial planning and structural solutions for industrial refrigerators in the meat processing industry, modern systems and schemes of refrigeration chambers cooling, and technological processes of meat product storage. Special attention is paid to maintaining temperature regimes and sanitary safety requirements specific to meat and meat products storage.

The thesis provides detailed descriptions of sections including "Meat Plant Refrigerator Calculations," "Occupational Safety at Meat Processing Enterprise," and "Technical and Economic Indicators."

The bachelor's thesis was completed using computer-based tools, including "Microsoft Excel" for calculations, "Microsoft Word" for text processing, while drawings and schemes were created using "AutoCad 2020."

The reference list contains 10 sources.

**Keywords:** *refrigeration equipment, meat processing plant, refrigerator design, meat product storage, refrigeration chambers, temperature regime, sanitary safety.*

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## Зміст

<i>Вступ</i>	<i>7</i>
<i>1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.</i>	<i>9</i>
<i>2. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника.</i>	<i>18</i>
<i>3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.</i>	<i>21</i>
<i>4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.</i>	<i>28</i>
<i>5. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори.</i>	<i>36</i>
<i>6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.</i>	<i>37</i>
<i>7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.</i>	<i>47</i>
<i>8. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання.</i>	<i>49</i>
<i>9. Розрахунок охолодника оборотної води.</i>	<i>50</i>
<i>10. Вибір допоміжного обладнання.</i>	<i>59</i>
<i>11. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.</i>	<i>64</i>
<i>12. Вибір насосів.</i>	<i>67</i>
<i>13. Техніко-економічні показники.</i>	<i>75</i>
<i>14. Охорона праці.</i>	<i>89</i>
<i>Список використаної літератури</i>	<i>94</i>

## Вступ

Наш проект присвячений створенню сучасного холодильника для м'ясокомбінату в місті Рівне. Це не просто технічна споруда – це важливий об'єкт, який допоможе забезпечити жителів регіону якісною м'ясною продукцією та підтримати місцевих фермерів.

Чому саме Рівне? Це місто має зручне розташування та давні традиції у харчовій промисловості. Новий холодильник стане важливою ланкою між виробниками та споживачами. Для місцевих фермерів та сільськогосподарських підприємств – це можливість стабільно поставляти свою продукцію, знаючи, що вона буде правильно збережена. Для споживачів – гарантія того, що на їхній стіл потрапить якісне та безпечне м'ясо за розумною ціною. Адже коли виробництво та зберігання організовані правильно, це допомагає уникнути зайвих витрат на логістику та зберегти доступні ціни для покупців.

У проекті ми приділили особливу увагу вибору надійного та безпечного холодильного обладнання. Для отримання холоду використовуємо перевірену часом насосно-циркуляційну схему з аміаком як холодоагентом. Це рішення має кілька важливих переваг:

Аміак – природний холодоагент, який не шкодить озоновому шару та не впливає на глобальне потепління

Система проста та надійна в експлуатації, що важливо для безперебійної роботи

Економічно вигідне рішення, оскільки аміак значно дешевший за синтетичні холодоагенти

Для ефективного охолодження камер ми обрали сучасні повітроохолоджувачі замість старих батарейних систем. Це обладнання не лише компактніше, але й забезпечує краще збереження продукції завдяки рівномірній циркуляції повітря. А встановлення водяного конденсатора дозволить системі стабільно працювати навіть у спекотні літні дні, коли потреба в якісному охолодженні особливо висока.

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Всі технічні рішення в проекті спрямовані на те, щоб створити надійне та енергоефективне підприємство, яке стане важливою частиною харчової інфраструктури Рівного. Це не просто холодильник – це внесок у розвиток регіону, підтримка місцевих виробників та забезпечення містян якісними продуктами харчування.

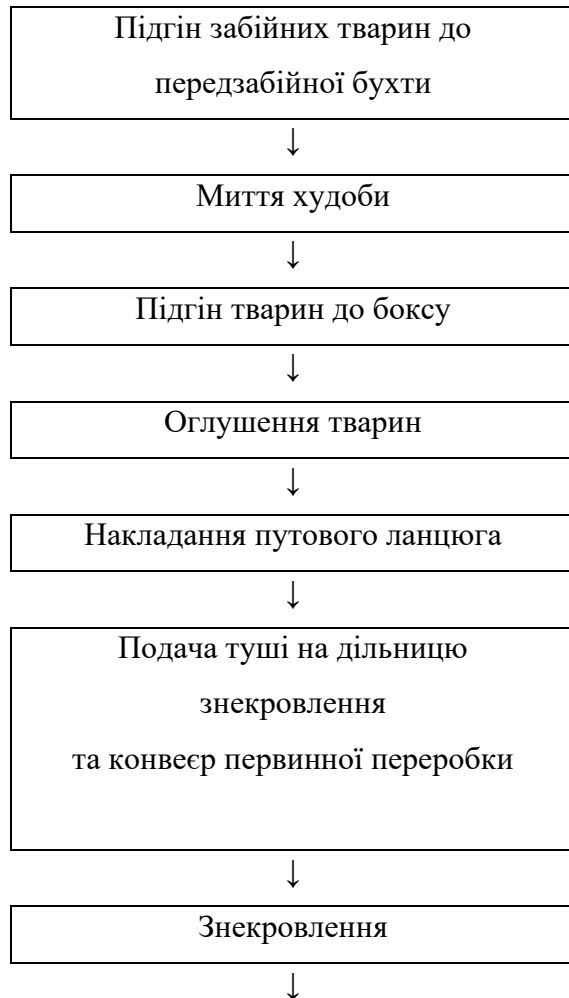
					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## 1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.

Приміщення холодильника знаходиться в місті Рівне. Продуктивність підприємства по переробці продукції становить: свинина, баранина, яловичина в напівтушах 10 т/добу. Продуктивність подана по живій масі. Ємність розрахована на 90 добових надходжень продукції. Також передбачена камера для зберігання заморожених субпродуктів, напівкопчені та варено-копчені ковбаси, сирокпчені ковбаси, варені ковбаси, розрахована для 30 добових надходжень. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки.

Обробка м'яса та субпродуктів відбувається по відповідним схемам:

### Технологічна схема первинної переробки баранини



										Арк.
										9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ					

Відокремлення голови та путового суглоба 30 т,  $t_{\text{туші}}=36^{\circ}\text{C}$

Забілування туш 29,85 т,  $t_{\text{туші}}=36^{\circ}\text{C}$

Знімання шкіри 29,8 т,  $t_{\text{туші}}=36^{\circ}\text{C}$

Нутровка туш 27 т,  $t_{\text{туші}}=36^{\circ}\text{C}$

Сухе та мокре зачищення напівтуш 27 т,  $t_{\text{туші}}=35^{\circ}\text{C}$

Клеймування м'яса 27 т,  $t_{\text{туші}}=35^{\circ}\text{C}$

Холодильна обробка:  
1.Охолодження  
Маса 27 т,  $t_{\text{поч}}=35^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кін}}=3^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t_{\text{пов}}=-3^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{\text{пов}}=4$  м/с,  
 $\varphi=90\%$ (  $h_{\text{п}}=334$  кДж/кг,  $h_{\text{к}}=233,15$  кДж/кг)  
1.Замороження  
Маса 27 т,  $t_{\text{поч}}=3^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кін}}=-8^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t_{\text{пов}}=-35^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{\text{пов}}=8$  м/с,  
 $\varphi=90\%$ (  $h_{\text{п}}=233,15$  кДж/кг,  $h_{\text{к}}=38,5$  кДж/кг)

Зберігання Маса 27 т,  $t_{\text{поч}}=-8^{\circ}\text{C}$ ,  
 $t_{\text{кін}}=-18^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{пов}}=-20^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi=90\%$ ,  $w_{\text{пов}}=2$  м/с ( $h_{\text{п}}=38,5$  кДж/кг,  $h_{\text{к}}=4,6$  кДж/кг)

Навішування на конвеєр → ветеринарний огляд → видалення щитовидної та парашитовидної залози → мокрий туалет → видалення язика з калтиком → видалення ріг, губ → зачистка від залишків шкіри → обвалювання нижньої щелепи → відділення нижньої щелепи → зачистка її від залишків м'яса → обвалювання черепної коробки → розруб голів на 2 повздовжні частини → видалення та зачистка гіпофізу → розділення гіпофіза на передню та задню частини → промивка мозку, м'яса та кісток → пакування ( $t_{\text{суб}}=30^{\circ}\text{C}$ ) → холодильна обробка та зберігання (маса 0,15 т,  $t_{\text{поч}}=25^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кін}}=-18^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кам}}=-20^{\circ}\text{C}$ , )

Маса 2,85 тон, на подальше оброблення та зберігання.  
 $t_{\text{поч}}=30^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кін}}=-18^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{пов}}=-20^{\circ}\text{C}$ ,  
 $w_{\text{пов}}=3$  м/с

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.009.003.ПЗ

Охолодження та заморожування туш відбувається в камерах тунельного типу періодичної дії на підвісних коліях. Туші подаються на холодильне оброблення зважені та упаковані. Після камери заморожування туші вкладаються в стоячні піддони, в яких відправляються на зберігання в морозильну камеру, де вони можуть знаходитись до 6 місяців . Для камер зберігання добове надходження продукту складає 27 т/добу.

### **Технологічна схема обробки супродуктів.**

Обробка хвостів: зачищення від прирізів шкур та волосу → промивання протягом 2-3 хв. водою у мийному барабані → стікання води протягом 20-30 хв. → заморожування.

### **Обробка м'якушевих субпродуктів**

Язики баранячі: промивання у мийному барабані 2-3 хв. (або в чані 10 хв. ) → зачищення (відокремлення калтика, під'язикової кістки і під'язикового м'яса, лімфатичних вузлів, можливо слизової оболонки) → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Лівер баранячий (вилучені з туш у природному сполученні серце, легені, печінка, діафрагма, трахея): відокремлення жовчного міхура з жовчним протоком → промивання холодною водою у мийному барабані 2-3 хв. (5-10 хв. під душем або в чані) → розбирання ліверу → направлення на заморожування.

Обробка печінки: відокремлення зовнішніх кровоносних судин → видалення жовчних протоків і лімфатичних вузлів → зачищення → промивання під душем → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Обробка серця: звільнення від серцевої сумки → видалення зовнішніх кровоносних судин → розрізання вздовж і декілька повздовжніх та поперечних розрізів з боку порожнин → видалення згустків крові → промивання під душем → стікання води → направлення на заморожування.

Обробка легенів: відокремлення трахеї, зовнішніх бронхів і кровоносних судин → промивання водою → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування;

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Обробка діафрагми та трахеї: зачищення від сторонніх тканин → промивання в барабані 2-3 хв. → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Обробка нирок: звільнення від жирової капсули → зачищення від зовнішніх кровоносних судин, сечоводів, лімфатичних вузлів → укладання в ковші (тазики) → направлення на заморожування.

Обробка м'ясної обрізі: зачищення від залишків шкіри, волосу, забруднень та згустків крові, лімфатичних вузлів та залоз → промивання теплою водою 2-3 хв. у мийному барабані (або 5-10 хв. у чані з проточною водою) → стікання води 20-30 хв. у перфорованих ємностях → направлення на заморожування.

Обробка селезінок та м'яса стравоходів: знежирення → зачищення → промивання холодною водою в барабані протягом 2-3 хв. → укладання в перфоровані ємності → стікання води 20-30 хв. → направлення на заморожування.

Курятина заморожується в швидкоморозильному апараті. Потім вкладається в ящики та відправляється в камеру зберігання.

Субпродукти баранини та курятини з початковою температурою 30°C та 25°C відповідно направляються на заморожування в ящиках. Заморожування відбувається в камері зберігання з  $t_{\text{пов}} = -20^{\circ}\text{C}$ ,  $w_{\text{пов}} = 2$  м/с,  $\phi = 80\%$ . Частка субпродуктів складає 10% від маси туші. Добове надходження складає 4 т/добу. Продукт надходить до камери рівномірно на протязі доби, тому для врахування цього приймаю за час обробки 24 години.

### **М'ясо в блоках**

Зберігання м'яса: Терміни зберігання харчових продуктів залежать переважно від температурного режиму та його стабільності. Зниження температури зменшує втрати маси і незворотні зміни якості, коливання температури сприяє збільшенню розмірів кристалів льоду і сублімації вологи.

Заморожені м'ясо і м'ясні продукти зберігають за температури не вище ніж — 12 °C і відносної вологості повітря 90 — 98 %. Тривалість зберігання залежить від температури, виду і категорії м'яса, характеру пакування.

									Арк.
									12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

Яловичина в блоках при температурі повітря  $-12^{\circ}\text{C}$  зберігається не більше 8 місяців, свинина в блоках при  $t$  повітря  $-18^{\circ}\text{C}$  не більше 12 місяців, баранина в блоках при  $t$  повітря  $-12^{\circ}\text{C}$  не більше 6 місяців. Детально температури повітря і термін зберігання м'яса в блоках наведено в таблиці.

Щільність укладання заморожених блоків залежить від геометричних розмірів і досягає 650 - 800 кг/м<sup>3</sup>.

Під час зберігання в замороженому м'ясі відбуваються зміни, які тим менше виражені, чим нижча температура та менша тривалість зберігання.

При тривалому зберіганні змінюється колір поверхневого шару м'яса та погіршуються його смакові властивості, зменшується набрякання, розчинність та вологоутримувальна здатність білків, що пояснюється їх старінням і частковою денатурацією. Жирова тканина набуває прогірклого смаку, жовтіє, стає зернистою і крихкою. В цілому заморожування як спосіб консервування туш і півтуш є нераціональним. Загальні витрати при заморожуванні м'яса втричі більші порівняно з охолодженням. При цьому значно ускладнюється технологічний процес, спостерігаються великі втрати від усихання, знижується якість м'яса.

Втрати маси при зберіганні замороженого м'яса залежать від виду і категорії м'яса, місткості холодильника, сезону року і становлять 0,07 - 0,40 % за один місяць.

Усихання можна скоротити у 8 - 9 разів, якщо м'ясо упакувати у поліетиленові рукави, які натягують напівтуші й четвертини і закріплюють на кінцях липкими стрічками або іншими засобами. При цьому усихання яловичини першої категорії через 12 місяців зберігання становить 0,28 %. Зменшенню усихання (на 20 %) сприяють пересипання півтуш снігом, використання льодових екранів або покриття штабелів м'яса тканиною з нанесенням льодової глазури.

Холодильне зберігання є найсучаснішим методом консервування, проте воно має недоліки, зокрема пліснявіння. Низькі температури заморожування і зберігання самі по собі не спричиняють повної загибелі мікрофлори, а тим

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

більше її спорових форм. Характерною особливістю плісневих грибів є те, що вони можуть розвиватися за низької температури (до  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), за якої бактерії не розвиваються.

Таблиця 1.1 Рекомендовані режими зберігання м'яса в блоках

Сировина	t, C	Відносна вологість, ц, %	Тривалість зберігання, фміс
Яловичина	-18	95	8
Свинина	-12	95	5
	-18	95	6
	-20	95	8
Баранина	-12	95	6
	-18	95	10
	-20	95	11

### М'ясні консерви

Зберігання м'ясних консервів. М'ясні стерилізовані консерви зберігають при температурі повітря  $0-150\text{C}$  і за відносної вологості не вище 75% (оптимальна температура близько  $00\text{C}$ ). Термін зберігання складає 1-3 роки.

На розвиток бомбажних(зривання кришок) змін суттєво впливає температура зберігання консервів. За температури вище  $20^{\circ}\text{C}$  бомбаж розвивається дуже інтенсивно. В процесі розвитку бомбажу на початковому етапі (до 8 діб зберігання) відзначений інтенсивний ріст, а потім виражений спад загальної кількості живих мікробних клітин.

Пастеризовані консерви слід зберігати за температури від 0 до  $5^{\circ}\text{C}$  і відносної вологості повітря  $75\pm 2\%$  не більше 6 місяців.

Консерви типу М'ясо тушковане можуть зберігатись тривалий період: у неопалювальних складах — переважно 4 роки, в опалювальних складах за відносної вологості повітря не вище 75 %: у банках із жерсті гарячого лудження II класу — 6 років, у банках з алюмінію — 4 роки, а в більшості інших — 5 років.

Терміни зберігання основних видів м'ясних консервів без кислотних заливок за температури від 0 до 20оС у скляних і збірних банках складають 3 роки, у цільно-штампованих — 2 роки.

Зберігання консервів за температури вище 20°С каталізує реакції сірчистих сполук з металом тари, що призводить до потемніння її внутрішньої поверхні.

Протягом першого року зберігання м'ясних консервів проходить їх дозрівання, поліпшуються смакові властивості, консистенція і підвищується насиченість аромату.

За умов тривалого зберігання консервів м'ясо стає сухим, волокнистим і розсипається. Водночас погіршується смак і запах продукту, особливо за рахунок змін жиру, а в деяких видів — і білків, набуття металевого присмаку. Розклад білків призводить до накопичення низькомолекулярних пептидів, у тому числі продуктів теплового розкладу колагену. Також проходить частковий гідроліз жирів, втрата від 30 до 100 % водорозчинних і від 30 до 50 % жиророзчинних вітамінів.

Таблиця 1.2 Рекомендовані режими зберігання м'ясних консервів

Сировина	t, С	Відносна вологість, ц, %	Тривалість зберігання, ф
М'ясні консерви	5	75	До 3 років

### **Ковбаси варені та копчені**

Режим і умови зберігання ковбасних виробів: Варені ковбаси - це продукти, одержані із м'ясного фаршу з сіллю і спеціями, в оболонці і піддані термічній обробці чи ферментації до готовності до використання. Вони займають велику питому вагу в харчуванні населення Криму і ставляться до найпоширеніших видів м'ясопродуктів.

При виготовленні варених ковбас їх видаляють все неїстівні частини (кістки, хрящі, сухожилля), що підвищує їх калорійність проти м'ясом. У той самий короткий час вони кілька поступаються свіжому м'ясу по смаковим гідностям та змісту вітамінів.

					<i>00.KP.142.009.003.P3</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Виробництво ковбас полягає в різних хімічних, біотехнологічних, мікробіологічних, фізичних і теплових про способи впливу на вихідне сировину. Залежно від виду сировини, характеру і особливості технологічної обробки, специфічних зовнішніх властивостей продукту та її структури ковбаси ділять на варені, фаршировані, сосиски і сардельки, хліби м'ясні, ліверні, кров'яні, зельци, холодці тощо.

Стійкість ковбасних виробів при зберіганні визначається цілою низкою чинників: кількісним і якісним складом залишкової мікрофлори, ступенем обезвоженості, змістом кухонної солі, значенням рН, концентрацією коптільних речовин, консистенцією продукту. Варено-копчені ковбаси менш стійкі при зберіганні. Тривалість зберігання якості продукту за нормальної температури 0-6°C становить 7 днів; в замороженому стані варено-копчені ковбаси можуть зберігатися до 6 місяців. Після такого зберігання можливо виникнення такого пороку як розм'якшення і втрата коптільних пахоців.

Ковбасні вироби - це готові до використання продукти, одержані із м'ясного фаршу, субпродуктів, жиру, спецій, піддані тепловій обробці до готовності для використання.

При механічній обробці з м'яса видаляють неїстівні, малопоживні частини (кістки, хрящі, сухожилля), подрібнюють формують крупнокускові продукти. Фізико-хімічна обробка м'яса - це посол, дозрівання, обжарка, варіння, копчення.

Копчені ковбаси повинні мати чисту суху поверхню, без плям, сліпів, пошкоджень оболонки, напливів фаршу. Консистенція копчених ковбас щільна. Фарш на розрізі рівномірно перемішаний, без сірих плям і порожнин, містить шматочки шпику, свинячої грудинки, напівжирної свинини. Смак приємний, злегка гострий, солонуватий, з вираженим ароматом копчення і прянощів.

Якість ковбас визначають органолептична: за зовнішнім виглядом, виду фаршу на розрізі батона, консистенцією фаршу, запахом та смаком; хімічним шляхом визначають: масову частку вологи, кухонної солі, крохмалю та нітритів.

Оболонка свіжих ковбас повинна бути сухою, міцною, еластичною, без нальотів цвілі, щільно прилягає до фаршу (крім целофану). Особливістю

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				

сирокопчених ковбас є сухий наліт цвілі на поверхні, не проникла під оболонку. У копчена-варених ковбас оболонка суха, без цвілі і слизу, темно-коричневого кольору. Зміст вологи в сирокопчених ковбасах не більше 30%, в копчена-варені - до 43%. Вміст солі у сирокопчених ковбасах - 3-6%, варено-копчених - не більше 5%.

Зберігають копчені ковбаси при температурі повітря від 0 до 4°C і відносній вологості повітря 75 – 78%, при цих параметрах вони можуть зберігатись до 30 діб.

Таблиця 1.3 Рекомендовані режими зберігання варених та копчених ковбас

Сировина	t, C	Відносна вологість, ц, %	Тривалість зберігання, фдіб
Напівкопчені та варено-копчені ковбаси	0-4	75-78	15
Сирокопчені ковбаси	0-4	75-78	30
Варені ковбаси	0-6	75-78	7

## 2. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції

Час домороження м'яса від температури  $t = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$  до температури  $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  при таких параметрах камери доморозки температура камери  $t = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$  відносна вологість  $\phi = 95\%$  швидкість руху повітря в камері  $v = 3\text{ м/с}$ .

Розміри блока :  $l = 370\text{ мм}$ ,  $b = 370\text{ мм}$ ,  $h = 150\text{ мм}$ ,  $v = 20,5\text{ л}$ , вага блока  $22\text{ кг}$  взято з сайту (<http://omgautovar.narod.ru/gost/maso/2.html>)

Розміри піддона :  $l = 1250\text{ мм}$ ,  $b = 850\text{ мм}$ ,  $h = 144\text{ мм}$ , максимальна вантажопідємність  $2500\text{ кг}$  маса піддона  $15\text{ кг}$  з сайту ([poddoni.com.ua](http://poddoni.com.ua)) Блоки на піддоні розміщені так щоб між блоками м'яса циркулювало повітря.

Час доморозки визначаю за формулою Планка :

$$\tau = \Phi \frac{\rho \cdot R \cdot (h_{\text{поч}} - h_{\text{кін}})}{t_{\text{кр}} - t_{\text{кам}}} \cdot \left( \frac{R}{\lambda_{\text{мор}}} + \frac{1}{\alpha} \right); \quad (2.1)$$

де:  $t_{\text{кр}} = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$  – криоскопічна температура;

$t_{\text{хл}} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$  – температура навколишнього холодоагенту (повітря);

$\Delta h$  кДж/кг- різниця ентальпій м'яса що зайшло з  $t = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$  та вийшло з  $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  взято з додатка 11 Явнель.;

$$\rho - \text{густина тіла } \rho = \frac{m}{V} = \frac{22}{0.0205} = 1073\text{ кг/м}^3;$$

$R$  – характерні розміри тіла від поверхні до максимально віддаленої від неї точки в глибині тіла  $0.15/2 = 0.075\text{ м}$ ;

$\lambda = 0,5\text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  – теплопровідність замороженої частини тіла

$\alpha = 25\text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$  – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні тіла, літ. Бараненко том 2 ;

$\Phi$  – коефіцієнт форми тіла.

Коефіцієнт форми тіла рахується за формулою:

$$\Phi = \frac{V}{S \cdot R}; \quad (2.2)$$

Де:  $V$  – об'єм тіла;

$S$  – площа поверхні тіла;

$$\Phi = \frac{V}{S \cdot R} = \frac{h \cdot l \cdot b}{2 \cdot (h \cdot b + b \cdot l + h \cdot l) \cdot h/2} = \frac{0.37 \cdot 0.37 \cdot 0.15}{2 \cdot (0.15 \cdot 0.37 + 0.37 \cdot 0.37 + 0.15 \cdot 0.37) \cdot 0.15/2} = 0.551$$

Час заморожування:

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				

$$\tau_0 = 0.551 \cdot \frac{0.075 \cdot 403,23 \cdot (98.8 - 4.6) \cdot 10^3}{-2 - (-30)} \cdot \left( \frac{0.075}{2 \cdot 0,5} + \frac{1}{25} \right) = 17164 \text{ с.}$$

$$17164/3600=4,76 \text{ год}$$

Врахувати реальну не здійсненність Планківських припущень можна за допомогою введення поправок до формули.

1. Поправка на не нульову теплоємність замороженої частини:

$$\tau_1 = \frac{\rho \cdot c \cdot R^2}{\lambda} \cdot \frac{1 + \ln\left(1 + \frac{0.65}{Bi_2}\right)}{4 + 2 \cdot |k - 1|}; \quad (2.3)$$

$$\text{де: } k = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{0,551} = 1.813;$$

$c = 1470 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$  – питома теплоємність замороженої частини для м'яса ;

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda} = \frac{25 \cdot 0.075}{0.5} = 3.75; \quad Bi_2 = Bi \text{ (при } k > 1)$$

$$\tau_1 = \frac{403.23 \cdot 1470 \cdot (0.075)^2}{0,5} \cdot \frac{1 + \ln\left(1 + \frac{0.65}{3,75}\right)}{4 + 2 \cdot |1,813 - 1|} = 3657 \text{ с.}$$

2. Поправка на поступове виморажування вологи (від'ємне):

$$\tau_2 = - \frac{\Delta h \cdot \rho \cdot R^2}{\lambda \cdot (t_{кр} - t_{хл})} \cdot F; \quad (2.4)$$

де:  $F$  – функція, яка залежить від  $\Phi$ ,  $a$ ,  $k$ .

$$a = \frac{t_0 - t_{кр}}{t_{кр} - t_{хл}}; \quad (2.5)$$

де:  $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура замерзання чистої води;

$$a = \frac{0 - (-2)}{-2 - (-30)} = 0,071;$$

З таблиці для паралелепіпеда по  $\Phi$  і  $a$  знаходимо  $F$ .

$$F = 0,016$$

$$\tau_2 = - \frac{94.2 \cdot 10^3 \cdot 403.23 \cdot 0.075^2}{0,5 \cdot (-2 - (-30))} \cdot 0,016 = -650 \text{ с.}$$

3. Поправка на теплопровідність замороженої частини, що змінюється

$$\text{в ході процесу: } \tau_3 = \Phi \cdot \frac{q \cdot w \cdot \rho \cdot R^2}{(t_{кр} - t_{хл})} \cdot \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda^2} \cdot \frac{b \cdot (Bi + 2)}{2 \cdot Bi} \cdot \ln \left( 1 + \frac{Bi}{b \cdot (Bi + 2)} \right); \quad (2.6)$$

де:  $\lambda_0 = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$  – теплопровідність не замороженого продукту;

						Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$b$  – Деяка безрозмірна константа. Рахується за формулою:

$$b = \frac{2 \cdot \lambda_0 + \lambda}{3 \cdot \lambda_0} \cdot a; \quad (2.7)$$

$$b = \frac{2 \cdot 0,4 + 0,5}{3 \cdot 0,4} \cdot 0,071 = 0,077;$$

$$\tau_3 = 0,551 \cdot \frac{94,2 \cdot 10^3 \cdot 403,23 \cdot 0,075^2}{-2 - (-30)} \cdot \frac{0,5 - 0,4}{0,5^2} \cdot \frac{0,077 \cdot (3,75 + 2)}{2 \cdot 3,75} \cdot \ln \left( 1 + \frac{3,75}{0,077 \cdot (3,75 + 2)} \right) = 596 \text{ с.}$$

Загальний час заморожування:

$$\tau = \tau_0 + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 17164 + 3657 + (-650) + 596 = 20768 \text{ с;}$$

$$\tau = \frac{20768}{3600} = 5,77 \text{ год}$$

Таблиця 2.1 Параметри повітря у камерах холодильника [2]

Камери	Температура в камері °С	Відносна вологість %	Швид. пов. в камері м/с	Температура продукту °С що:		Термін доморж., зберігання
				надійшов	вийшов	
КЗМ м'яса в блоках	-18	95	0.5	-8	-18	8 міс.
КЗМ ковбаси вареної	0	78	0.5	4	0	7 міс.
КЗО ковбаси копченої	0	78	0.5	4	0	15 діб
КЗО м'яса консервів	5	75	0.5	8	5	До 3 років.
КД м'яса в блоках	-30	95	3	-2	-18	5,77 год

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

Об'ємно-планувальні рішення будівель холодильника повинні забезпечувати застосування прогресивної технології обробки та зберігання вантажів, широке застосування засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, поточність переміщення вантажів, зручність обслуговування обладнання.

Складаємо план будівлі, в якій будуть знаходитися:

- камери зберігання замороженого м'яса
- камери зберігання ковбаси вареної
- камери зберігання ковбаси копченої;
- камери зберігання м'ясних концервів;
- камери доморожування замороженого м'яса;
- допоміжні приміщення ( коридори, експедиція, тощо);
- машинне відділення та приміщення для обслуговуючого персоналу;
- службові приміщення;
- автомобільна платформа;
- залізнична платформа

Розмір будівельних прямокутників приймаємо 6×12 м.

Будівельну площу камер зберігання визначаємо за формулою:

$$F_{\text{буд}} = \frac{V_k}{q_v \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta} \quad (4.1)$$

де:  $V_k$  - місткість камер зберігання, т;

$q_v$  - норма завантаження на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму камери, приймаємо по ([1] с.19)

$h_{\text{гр}}$  - вантажна висота штабеля, приймаємо по ([1] с.39)

$\beta$  – коефіцієнт використання будівельної площі камери, приймаємо по ([1] с.39)

Розрахункові питомі навантаження  $q_v$  від продуктів приймаємо за додатком 11 [1, с.218]:

- м'ясо в блоках  $q_v = 0.6$  т/м<sup>3</sup>;

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- ковбаси варені  $q_v = 0,3 \text{ т/м}^3$ ;
- ковбаси копчені  $q_v = 0,3 \text{ т/м}^3$ ;
- консерви м'ясні  $q_v = 0,65 \text{ т/м}^3$ .

Будівельна площа камери зберігання замороженого м'яса в блоках

$$F_{\text{зам.м'яса}} = \frac{1964}{0,4 \cdot 3,6 \cdot 0,79} = 1727 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу одного будівельного квадрата за формулою:

$$f = b \times l; \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

де:  $b$  – довжина будівельного прямокутника;

$l$  – ширина будівельного прямокутника.

$$f = b \cdot l = 6 \cdot 12 = 72$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{зам.м'яса}}}{f}; \text{ ШТ} \quad (4.3)$$

$$n = \frac{F_{\text{зам.м'яса}}}{f} = \frac{1727}{72} = 23,99$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 24$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\partial} = n_{\partial} \times f; \text{ м}^2 \quad (4.4)$$

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 24 \cdot 72 = 1728$$

Будівельна площа камери зберігання ковбас варених:

$$F_{\text{вар.ковб.}} = \frac{500}{0,3 \cdot 3,8 \cdot 0,8} = 548 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{зам.м'яса}}}{f} = \frac{548}{72} = 7,61$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 8$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

					<i>00.KP.142.009.003.P3</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 8 \cdot 72 = 576 \text{ м}^2$$

Будівельна площа камери зберігання ковбас копчених

$$F_{\text{коп.ковб}} = \frac{250}{0,3 \cdot 3,8 \cdot 0,8} = 274 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{зам.м'яса}}}{f} = \frac{274}{72} = 3,81$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 4$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 4 \cdot 72 = 288 \text{ м}^2$$

Будівельна площа камери зберігання консерв м'ясних

$$F_{\text{конс.м'яс.}} = \frac{550}{0,65 \cdot 4,0 \cdot 0,8} = 264 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{зам.м'яса}}}{f} = \frac{264}{72} = 3,67$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 4$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 4 \cdot 72 = 288 \text{ м}^2$$

Будівельна площа камери доморожування визначається за формулою:

$$F_{\text{буд.к.т.о}} = \frac{(M_{\text{доб}} \cdot \tau)}{(q_f \cdot 24)}; \text{м}^2 \quad (4.5)$$

де:  $M_{\text{доб}}$  - добове надходження вантажу в камеру доморожування т/доб  
приймається 20%  $M_{\text{доб}}$  в камери зберігання морожених вантажів

$\tau$  – тривалість циклу холодильної обробки, год

$q_f$  – норма навантаження на 1 м<sup>2</sup> будівельної площі камери, т/м<sup>2</sup>;

24 – перевідний коефіцієнт з годин в добу

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

Приймається в залежності від способу розміщення вантажу при  
холодильній обробці по([1] с.39)

$$F_{\text{буд.к.т.о}} = \frac{(37 \cdot 24)}{(0,3 \cdot 24)} = 123; \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{буд.к.т.о}}}{f} = \frac{123}{72} = 1,71$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_0 = 2$ , округлюючи до  
цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\text{д}} = n_0 \cdot f = 2 \cdot 72 = 144 \text{ м}^2$$

Дійсна будівельна площа камер холодильника визначається за формулою:

$$F_{\text{буд.хол.}} = \Sigma F_{\text{буд.к.зб.}} + \Sigma F_{\text{буд.к.т.о}}, \text{ м}^2 \quad (4.6)$$

де:  $\Sigma F_{\text{буд.к.зб.}}$  – сума дійсних будівельних площ камер зберігання вантажів

$\Sigma F_{\text{буд.к.т.о}}$  – сума дійсних будівельних площ камер термообробки  
вантажів

$$F_{\text{буд.хол.}} = (1728 + 576 + 288 + 288) + 144 = 3024, \text{ м}^2$$

Будівельна площа експедиції визначається за формулою ([1] с.28)

$$F_{\text{експед.}} = (0,5 \cdot \Sigma M_{\text{доб}}) / 0,35, \text{ м}^2$$

де: 0,35 – норма навантаження на 1  $\text{м}^2$  будівельної площі камери т/ $\text{м}^2$

$\Sigma M_{\text{доб}}$  - добове надходження вантажів в камери зберігання т/доб

$$F_{\text{експед.}} = \frac{0,5 \cdot (185 + 9 + 5 + 27,5)}{0,35} = 323, \text{ м}^2$$

Будівельна площа допоміжних приміщень визначаються за формулою:

$$F_{\text{буд.доп}} = (0,2 \dots 0,4) \cdot F_{\text{буд.хол.}}, \text{ м}^2$$

$$F_{\text{буд.доп}} = 0,2 \cdot 3024, = 604,8, \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{буд.доп}}}{f} = \frac{605}{72} = 8,4$$

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 9$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 9 \cdot 72 = 648 \text{ м}^2$$

Будівельна площа службових приміщень визначається за формулою :

$$F_{\text{буд.сл.пр}} = (0,05 \dots 0,1) \cdot F_{\text{буд.хол.}} \text{ м}^2$$

Приймаємо (0,07)

$$F_{\text{буд.сл.пр.}} = 0,07 \cdot 3024 = 212, \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{буд.сл.пр.}}}{f} = \frac{212}{72} = 2,9$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 3$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 3 \cdot 72 = 216 \text{ м}^2$$

Будівельна площа машинного відділення визначається за формулою:

$$F_{\text{буд.мв.}} = (0,1 \dots 0,35) \cdot F_{\text{буд.хол.}} \text{ м}^2$$

$$F_{\text{буд.мв.}} = 0,1 \cdot 3024 = 302, \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних квадратів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{буд.мв.}}}{f} = \frac{302}{72} = 4,2$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних квадратів  $n_{\partial} = 5$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

Знаходимо дійсну площу камери за формулою:

$$F_{\partial} = n_{\partial} \cdot f = 5 \cdot 72 = 360 \text{ м}^2$$

Дійсна місткість камер визначається за формулою:

$$B_{\text{кд}} = B_{\text{к}} \cdot \left( \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{р}}} \right), \text{ Т} \quad (4.7)$$

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.KP.142.009.003.ПЗ

для камери зберігання замороженого м'яса в блоках

$$V_{\text{кд.м}} = 3700 \cdot \left(\frac{24}{39,99}\right) = 3701, \text{ т}$$

для камери зберігання ковбас варених

$$V_{\text{кд.к.в.}} = 500 \cdot \left(\frac{8}{7,61}\right) = 525, \text{ т}$$

для камери зберігання ковбас копчених:

$$V_{\text{кд.к.к}} = 250 \cdot \left(\frac{4}{3,81}\right) = 263, \text{ т}$$

для камери зберігання м'ясних консерв:

$$V_{\text{кд.м.к.}} = 550 \cdot \left(\frac{4}{3,67}\right) = 599, \text{ т}$$

Загальна дійсна місткість камер зберігання холодильника:

$$V_{\text{кд.холод.}} = V_{\text{кд.м}} + V_{\text{кд.к.в.}} + V_{\text{кд.к.к}} + V_{\text{кд.м.к.}}, \text{ т} \quad (4.8)$$

$$V_{\text{кд.холод.}} = 3701 + 525 + 263 + 599 = 5088, \text{ т}$$

Можливе відхилення в 5-7% від заданої місткості холодильника

Загальна дійсна будівельна площа холодильника визначається за формулою:

$$F_{\text{заг.хол.}} = F_{\text{буд.хол.}} + F_{\text{експ.}} + F_{\text{буд.доп.}} + F_{\text{буд.сл.пр.}} + F_{\text{буд.мв.}}, \text{ м}^2 \quad (4.9)$$

$$F_{\text{заг.хол.}} = 3024 + 360 + 648 + 216 + 360 = 4608, \text{ м}^2$$

Всі розрахунки заносяться в таблицю і по розрахованим даним складається

план холодильника

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 3.1 Таблица розрахунку холодильника

Камера	Температура, °C	Місткість камери, т	Площа камери, м <sup>2</sup>	Кількість буд. прямокутників	Дійсна площа камери, м <sup>2</sup>
Камери зберігання замороженого м'яса в блоках[1,2,3,4,5,6]	-18	3700	1727	24	1728
Камера зберігання ковбас варених	+2	500	548	8	576
Камера зберігання ковбас копчених	+2	250	274	4	288
Камера зберігання консерви м'ясних	+5	550	264	4	288
Експедиція	0		323	5	360
Допоміжні приміщення	Без опалення		605	9	648
Службове приміщення	+20		212	3	216
Машинне відділення	Без опалення		302	5	360
Площа всього холодильника				64	4608

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.009.003.ПЗ

Арк.

27

#### 4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Холодильник проектується одноповерховим, основа - каркас з легких металевих конструкцій, що складається з кількох типів холодногнутих профілів. Технологія легких каркасів дозволяє значно знизити вагу будівлі, зменшити його вартість, скоротити терміни монтажу. Легкий каркас реалізований в двопрогінному виконанні по 18 м, у вигляді ряду однопрогонових рам із затягуванням, що складаються з колон і ригелів постійного перетину. Сполучення елементів рами між собою - жорстке; колон з фундаментом - сполучення колон з фундаментом - шарнірне.

Огороджувальні конструкції виконані з стінових і покрівельних панелей «сендвіч» різної товщини і профілювання. Використання «сендвіч»-панелей дозволяє поєднувати економічні переваги надлегкого каркаса та високу якість огороджувальних конструкцій. Панелі металеві з утеплювачем виготовлені із сталевих листів з лакофарбовим покриттям з наповнювачем з пінополіуретану, склеєних клейкою композицією на основі поліуретану.

Підлога холодильника повинна мати достатню міцність, витримувати навантаження від вантажів і транспортних засобів, бути гігієнічною і безпечною для руху людей і транспортних засобів.

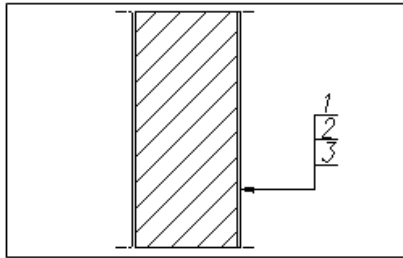
Середня температура зовнішнього повітря у м. Рівне дорівнює  $+8,8^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова літня  $+33^{\circ}\text{C}$ , зимня  $-24^{\circ}\text{C}$ .

Відповідно, місто розташоване в середній кліматичній зоні.

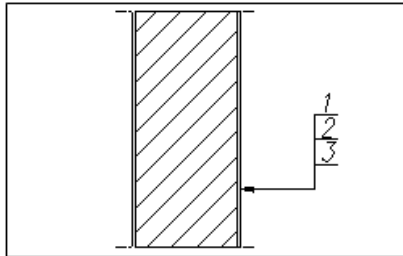
					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

### Будівельно-ізоляційні конструкції холодильника



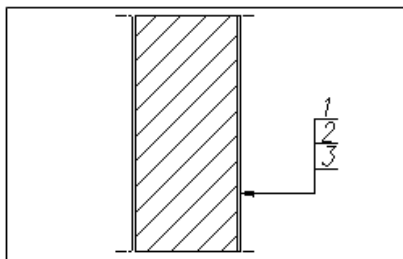
Таблиця 5.1.

Зовнішня стіна	δ м	λ Вт/мК
1. Профільований сталевий лист	-	0,04
2. Поліуритан		
3. Профільований сталевий лист		



Таблиця 5.2.

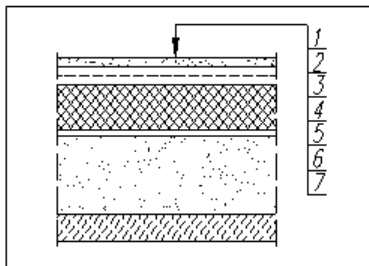
Внутрішня стіна	δ м	λ Вт/мК
1. Профільований сталевий лист	-	0,04
2. Поліуритан		
3. Профільований сталевий лист		



Таблиця 5.3.

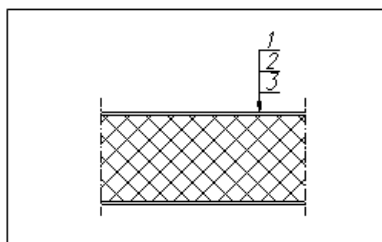
Перегородка	δ м	λ Вт/мК
1. Профільований сталевий лист	-	0,04
2. Поліуритан		
3. Профільований сталевий лист		

### Будівельно-ізоляційні конструкції холодильника



Таблиця 5.4

Підлога	δ м	λ Вт/мК	Σδ <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub> м <sup>2</sup> К/Вт
1. Монолітне бетонне покриття із важкого бетону	0,040	1,86	1,304
2. Армована бетонна стяжка	0,080	1,86	
3. Пароізоляція - 1 шар пергаміна	0,001	0,15	
4. Теплоізоляція із пінопласта полістирольного ПСБ-С	-	0,05	
5. Цементно-пісковий розчин	0,025	0,98	
6. Ущільнений пісок	0,700	0,58	
7. Бетонна підготовка з електронагрівачами	0,100	-	



Таблиця 5.5

Покриття	δ м	λ Вт/мК	Σδ <sub>i</sub> /λ <sub>i</sub> м <sup>2</sup> К/Вт
Кровельні сендвіч-панелі			
1. Профільований сталевий лист	0,0005	47	0,000
2. Поліуритан	-	0,022	
3. Профільований сталевий лист	0,0005	47	

Коефіцієнт теплопередачі сендвіч-панелі розраховують за формулою:

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}}; \quad (4.1)$$

де:  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі з зовнішньої сторони стіни,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  [1, табл. 8.1];

$\alpha_B$  – коефіцієнти тепловіддачі з зовнішньої сторони стіни,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  [1, табл. 8.1];

$k_0$  – коефіцієнт теплопередачі огороження,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  [1, табл. 8.2]

Розрахункова середньорічна температура = 8,8 °С.

$\delta_{i3}$  – товщина теплоізоляційного шару;

$\lambda_{i3}$  – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного шару.

З цієї формули визначаємо  $\delta_{i3}$ , обчислюємо значення:

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \cdot \left( \frac{1}{k_0} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{1}{\alpha_B} \right); \quad (4.2)$$

Склад стіни показано в таблиці 5.1. Температура в камері -30°С, доморожування здійснюється повітряними охолодниками, відповідно циркуляція повітря посилена. Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з  $t_B = -30^\circ\text{C}$  холодильника, розташованого в середній кліматичній зоні:

Для зовнішньої стінки в камері з температурою (-30 °С):

$$\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\alpha_B = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$k_0 = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$\lambda_{i3} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності сендвіч-панелі.

$$\delta_{i3} = 0,022 \cdot \left( \frac{1}{0,2} - \frac{1}{23} - \frac{1}{11} \right) = 0,107 \text{ м.}$$

Приймаємо сендвіч-панель товщиною 120 мм.

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{i3d}}{\lambda_{i3}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.3)$$

де:  $\alpha_B$  – коефіцієнти тепловіддачі з зовнішньої сторони стіни,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  [1, табл.8.1];

$k_0$  – коефіцієнт теплопередачі огороження,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  [1, табл. 8.2]

$\delta_{i3}$  – товщина теплоізоляційного шару;

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$\lambda_{із}$  – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного шару.

$$K_0^д = \frac{1}{0,043 + 0,091 + \frac{0,120}{0,022}} = 0,179, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Щоб не відбувалося випадіння конденсату чи утворення інею, повинна виконуватися дана умова:

$$\begin{aligned} \tau_B &\geq t_{т.р} \\ \tau_B &= t_B - \frac{t_B - t_3}{R_0 \cdot \alpha} \end{aligned} \quad (4.4)$$

де  $t_{т.р}$  - температура точки роси в більш теплому приміщенні (визначається по і- $d$  діаграмі повітря за температурою та вологістю повітря в приміщенні), °С.

$$\tau_B = -30 - \frac{30 - (-24)}{\left(\frac{1}{0,195}\right) \cdot 11} = -29,9, \text{ °С}$$

Температура точки роси дорівнює  $-31^\circ\text{С}$  тому умова виконується.

Для внутрішньої стінки в камері з температурою ( $-30^\circ\text{С}$ ):

Визначаємо  $\delta_{із}$ , обчислюємо значення:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \cdot \left( \frac{1}{k_0} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{1}{\alpha_B} \right); \quad (4.5)$$

$$\alpha_3 = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\alpha_B = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$k_0 = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$\lambda_{із} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопровідності сендвіч-панелі.

$$\delta_{із} = 0,022 \cdot \left( \frac{1}{0,2} - \frac{1}{8} - \frac{1}{11} \right) = 0,105 \text{ м.}$$

Приймаємо сендвіч-панель товщиною 120 мм.

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{i3D}}{\lambda_{i3}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.6)$$

$$K_0^D = \frac{1}{0,125 + 0,091 + \frac{0,120}{0,022}} = 0,176, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Щоб не відбувалося випадіння конденсату чи утворення інею, повинна виконуватися дана умова:

$$\tau_B \geq t_{т.р}$$

$$\tau_B = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_0 \cdot \alpha} \quad (4.7)$$

$$\tau_B = -30 - \frac{30 - (-24)}{\left(\frac{1}{0,192}\right) \cdot 11} = -29,2, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура точки роси дорівнює  $-31^\circ\text{C}$  тому умова виконується.

Для перегородки в камері з температурою ( $-30^\circ\text{C}$ ) до камери з температурою ( $-30^\circ\text{C}$ )

Визначаємо  $\delta_{i3}$ :

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \cdot \left( \frac{1}{k_0} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{1}{\alpha_B} \right); \quad (4.8)$$

$$\alpha_3 = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\alpha_B = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$k_0 = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\lambda_{i3} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} - \text{коефіцієнт теплопровідності сендвіч-панелі.}$$

$$\delta_{i3} = 0,022 \cdot \left( \frac{1}{0,58} - \frac{1}{11} - \frac{1}{11} \right) = 0,034 \text{ м.}$$

Приймаємо сендвіч-панель товщиною 60 мм.

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{i3D}}{\lambda_{i3}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.9)$$

$$K_0^D = \frac{1}{0,091 + 0,091 + \frac{0,06}{0,022}} = 0,344, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

									Арк.
									32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				

Щоб не відбувалося випадіння конденсату чи утворення інею, повинна виконуватися дана умова:

$$\tau_B \geq t_{T.p}$$

$$\tau_B = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_0 \cdot \alpha} \quad (4.10)$$

$$\tau_B = -30 - \frac{30 - (-24)}{\left(\frac{1}{0,192}\right) \cdot 11} = -28,1, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахунок умови випадіння конденсату для даної стіни не виконується.

Для перекриття в камері з температурою (-30 °C)

Визначаємо  $\delta_{i3}$ :

$$\delta_{i3} = \lambda_{i3} \cdot \left( \frac{1}{k_0} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{1}{\alpha_B} \right); \quad (4.11)$$

$$\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\alpha_B = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$k_0 = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\lambda_{i3} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$\delta_{i3} = 0,022 \cdot \left( \frac{1}{0,19} - \frac{1}{23} - \frac{1}{11} \right) = 0,113 \text{ м.}$$

Приймаємо сендвіч-панель товщиною 120 мм.

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{i3D}}{\lambda_{i3}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.12)$$

$$K_0^D = \frac{1}{0,043 + 0,091 + \frac{0,120}{0,022}} = 0,179, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Щоб не відбувалося випадіння конденсату чи утворення інею, повинна виконуватися дана умова:

$$\tau_B \geq t_{T.p}$$

$$\tau_B = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_0 \cdot \alpha} \quad (4.13)$$

									Арк.
									33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				

де  $t_{т.р}$  - температура точки роси в більш теплому приміщенні (визначається по i-d діаграмі повітря за температурою та вологістю повітря в приміщенні), °С.

$$t_{т.р} = -30 - \frac{30 - (-24)}{\left(\frac{1}{0,177}\right) \cdot 11} = -29,9, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура точки роси дорівнює  $-31^\circ\text{C}$  тому умова виконується.

Для підлоги в камері з температурою ( $-30^\circ\text{C}$ )

Визначаємо  $\delta_{із}$ :

$\alpha_3 = 0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ; - При розташуванні підлоги на ґрунті із зовнішнього боку

конструкції немає рухомого середовища, тому теплообмін відсутній і термічний опір переходу теплоти від ґрунту до конструкції рівно нулю.

$$\alpha_в = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$k_0 = 0,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\lambda_{із} = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$\delta_{із} = 0,05 \cdot \left( \frac{1}{0,21} - \frac{1}{11} \right) = 0,168 \text{ м.}$$

Приймаємо сендвіч-панель товщиною 180мм.

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^д = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{ізд}}{\lambda_{із}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.14)$$

$$K_0^д = \frac{1}{0,091 + \frac{0,180}{0,05}} = 0,200, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Всі розрахунки заносимо в таблицю 5.6.

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

**Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника**

**Таблиця 5.6.**

Назва	$t_{кам}$	$\lambda_{из}$	$K_o$	$1/K_o$	$\alpha_3$	$1/\alpha_3$	$\alpha_B$	$1/\alpha_B$	$\delta_{из}$	$\delta_{изд}$	$K_d$	$t_3$	$\tau_B$	$t_{т.р}$	
огороження	С	Вт/мК	Вт/м <sup>2</sup> К	м <sup>2</sup> К/Вт	Вт/м <sup>2</sup> К	м <sup>2</sup> К/Вт	Вт/м <sup>2</sup> К	м <sup>2</sup> К/Вт	м	м	Вт/м <sup>2</sup> К	С	С	С	
Зовнішня стіна	-30	0,022	0,2	5,00	23	0,043	11	0,091	0,107	0,120	0,179	-24	-29,9	-31,0	
	-18	0,022	0,23	4,35	23	0,043	11	0,091	0,093	0,100	0,214	-24	-18,1	-19,0	
	0	0,022	0,40	2,50	23	0,043	9	0,111	0,052	0,060	0,347	-24	-0,9	-1,5	
	2	0,022	0,42	2,38	23	0,043	9	0,111	0,049	0,060	0,347	-24	1,0	-1,5	
	8	0,022	0,60	1,67	23	0,043	9	0,111	0,033	0,060	0,347	-24	6,8	6,0	
Внутрішня стіна	-30	0,022	0,20	5,00	8	0,125	11	0,091	0,105	0,120	0,176	18	-29,2	-31,0	
	-18	0,022	0,21	4,76	8	0,125	11	0,091	0,1	0,120	0,176	18	-17,4	-19,0	
Перегородки	2	2	0,022	0,58	1,72	9	0,111	9	0,111	0,033	0,060	0,339	2	-1,8	-1,5
	8	2	0,022	0,56	1,79	9	0,111	9	0,111	0,034	0,060	0,339	8	-1,6	-1,5
	8	0	0,022	0,56	1,79	9	0,111	9	0,111	0,034	0,060	0,339	8	0,3	-1,5
	8	-18	0,022	0,24	4,17	9	0,111	11	0,091	0,087	0,100	0,211	8	17,8	-19,0
	0	-18	0,022	0,3	3,33	9	0,111	11	0,091	0,069	0,080	0,261	0	17,6	-19,0
	-18	-18	0,022	0,58	1,72	11	0,091	11	0,091	0,034	0,060	0,344	-18	16,9	-19,0
	0	-30	0,022	0,26	3,85	9	0,111	11	0,091	0,08	0,100	0,211	0	29,4	-31,0
	-18	-30	0,022	0,50	2,00	11	0,091	10	0,100	0,04	0,060	0,343	-18	28,4	-31,0
	-30	-30	0,022	0,58	1,72	11	0,091	11	0,091	0,034	0,060	0,344	-30	28,1	-31,0
	Підлога	8		0,00											
2			0,00												
0			0,00												
-18		0,05	0,22	4,55	0,00	0,000	11	0,091	0,158	0,160	0,218				
-30		0,05	0,21	4,76	0,00	0,000	11	0,091	0,168	0,180	0,200				
Покриття	8	0,022	0,48	2,08	23	0,043	9	0,111	0,042	0,060	0,347	-24	6,8	6,0	
	2	0,022	0,41	2,44	23	0,043	9	0,111	0,05	0,060	0,347	-24	1,0	-1,5	
	0	0,022	0,37	2,70	24	0,042	9	0,111	0,056	0,060	0,347	-24	-0,9	-1,5	
	-18	0,022	0,22	4,55	25	0,040	11	0,091	0,097	0,100	0,214	-24	-18,1	-19,0	
	-30	0,022	0,19	5,26	23	0,043	11	0,091	0,113	0,120	0,179	-24	-29,9	-31,0	

### **5. Техніко-економічне обґрунтування.**

Метою даного проекту являється розробка холодозабезпечення холодильника для зберігання м'ясної продукції в місті Рівне.

Побудова даного підприємства дає змогу реалізувати м'ясну продукцію, яка по постійній необхідності відправляється до споживача. Наявність холодильника для зберігання м'ясної продукції в місті, яке межує з багатьма великими містами дозволяє уникнути зайвих логістичних витрат, що позитивно відображається на вихідній ціні пропонованої споживачу продукції.

В даному проекті для отримання холоду використовується централізована двоступенева аміачна холодильна машина з трьома температурами кипіння і фіксованим проміжним тиском. Це дозволяє використовувати на кожен температуру кипіння одноступеневий агрегат і зменшити кількість проміжних посудин. Вона є простою та надійною порівняно з подібними схемами, що працюють на аміаку. Даний холодильний агент вибраний з розрахунку його дешевизни. Схема охолодження обрана безпосередня, що дозволяє зменшити капітальні затрати в порівнянні з використанням проміжного теплоносія, а також зменшуються витрати на спожиту електроенергію. З урахування надійності та економічності використовуємо насосно-циркуляційну подачу аміаку.

Як теплообмінне обладнання для камер холодильника обрані повітроохолодники, що дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже процес заморожування та охолодження. Також порівняно з батарейним охолодженням повітроохолодники більш компактні, а отже менше займають вантажну площу, менш металоемні при однаковій холодопродуктивності.

					<i>00.КР.142.009.003.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 6. Розрахунок теплопритоків до охолоджуваних приміщень

### 6.1. Теплопритоки через огорожувальні конструкції

Розміри огорожень на плані і площу камер приймаємо по осям колон. Для визначення теплопритоків від сонячної радіації приймаємо орієнтацію будівлі машинним відділенням на захід.

Враховуємо, що стеля зовні світла (тобто  $\Delta t_c = 14,9^\circ\text{C}$ ). Розрахункова літня температура  $33^\circ\text{C}$ .

Розраховуємо теплопритік від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт} \quad (6.1)$$

де  $Q_{1T}$  - теплопритік через зовнішнє огороження, Вт;

$Q_{1C}$  - теплопритік від дії сонячної радіації, Вт.

$$Q_{1T} = K_o \cdot F \cdot (t_3 - t_6), \text{ Вт} \quad (6.2)$$

де  $F$  - площа огороження,  $\text{м}^2$ ;

$t_3$  - температура ззовні огороження,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_6$  - температура в камері,  $^\circ\text{C}$ .

$$Q_{1C} = K_o \cdot F \cdot \Delta t, \text{ Вт} \quad (6.3)$$

де  $\Delta t$  - надлишкова різниця температури від дії сонячної радіації,  $^\circ\text{C}$ .

Для прикладу наведений розрахунок теплонадходжень через огорожувальні конструкції камери заморожування м'яса в блоках ( $-30^\circ\text{C}$ ):

Північна сторона

$$Q_{1T} = 0,179 \cdot 72(33 - (-30)) = 811, \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0, \text{ Вт}; \quad Q_1 = 811 + 0 = 811, \text{ Вт}.$$

Південна сторона

$$Q_{1T} = 0, \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0, \text{ Вт}; \quad Q_1 = 0, \text{ Вт}.$$

Західна сторона

$$Q_{1T} = 0,176 \cdot 36(20 - (-30)) = 320,1, \text{ Вт}; \quad Q_{1C} = 0, \text{ Вт}; \quad Q_1 = 320,1 + 0 = 320,1, \text{ Вт}.$$

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Східна сторона

$$Q_{1T} = 0,211 \cdot 36 \cdot (0 - (-30)) = 230, \text{ Вт}; Q_{1C} = 0, \text{ Вт}; Q_1 = 230 + 0 = 230, \text{ Вт}.$$

Підлога

$$Q_{1T} = 0,200 \cdot 72 \cdot (1 - (-30)) = 450, \text{ Вт}; Q_{1C} = 0, \text{ Вт}; Q_1 = 450 + 0 = 450, \text{ Вт}$$

При електрообігріві ґрунту приймають середню температуру поверхні обладнання для обігріву ґрунту – 1. Формула (9,4 [1])

Покриття

$$Q_{1T} = 0,179 \cdot 72 \cdot (33 - (-30)) = 811,28, \text{ Вт}; Q_{1C} = 0,179 \cdot 72 \cdot 14,9 = 190, \text{ Вт};$$

$$Q_1 = 811,28 + 190 = 1001,28, \text{ Вт}.$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру:

$$Q_1 = (811 + 0 + 320,1 + 230 + 450 + 1001,28) = 2811, \text{ Вт}.$$

Розрахунок теплопритоків від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою

Таблиця 6.1.

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>з</sub> °C	t <sub>в</sub> °C	Δt °C	Δt <sub>c</sub> °C	Q <sub>1T</sub> кВт	Q <sub>1c</sub> кВт	Q <sub>1</sub> кВт
			L	B	H								
№1 доморожування м'яса	Пн	0,179	12	-	6	72	33	-30	63	0	0,81	0,00	0,81
	Сх	0,211	6	-	6	36	0	-30	30	0	0,23	0,00	0,23
	Пд	0,344	12	-	6	72	-30	-30	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх	0,176	6	-	6	36	20	-30	50	0	0,32	0,00	0,32
	Підлога	0,200	12	6	-	72	1	-30	31	0	0,45	0,00	0,45
	Покриття	0,179	12	6	-	72	33	-30	63	14,9	0,81	0,19	1,00
<b>Всього</b>											<b>2,61</b>	<b>0,19</b>	<b>2,81</b>
№2 Доморожування м'яса	Пн	0,344	12	-	6	72	-30	-30	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,211	6	-	6	36	0	-30	30	0	0,23	0,00	0,23
	Пд	0,343	12	-	6	72	-18	-30	12	0	0,30	0,00	0,30
	Зх	0,176	6	-	6	36	20	-30	50	0	0,32	0,00	0,32
	Підлога	0,200	12	6	-	72	1	-30	31	0	0,45	0,00	0,45
	Покриття	0,179	12	6	-	72	33	-30	63	14,9	0,81	0,19	1,00
<b>Всього</b>											<b>2,10</b>	<b>0,19</b>	<b>2,29</b>
накопичувально-розвантажувальна	Пн	0,347	6	-	6	36	33	0	33	0	0,41	0,00	0,41
	Сх	0,339	12	-	6	72	8	0	8	0	0,20	0,00	0,20
	Пд	0,261	6	-	6	36	-18	0	-18	0	0,00	0,00	0,00
	Зх-Пд	0,211	6	-	6	36	-30	0	-30	0	0,00	0,00	0,00
	Зх-Пн	0,211	6	-	6	36	-30	0	-30	0	0,00	0,00	0,00
	Підлога	0,000	12	6	-	72	1	0	1	0	0,00	0,00	0,00
	Покриття	0,347	12	6	-	72	33	0	33	14,9	0,82	0,37	1,20
<b>Всього</b>											<b>1,43</b>	<b>0,37</b>	<b>1,80</b>

Розрахунок теплопритоків від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою

Продовження таблиці 6.1.

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>3</sub> °C	t <sub>в</sub> °C	Δt °C	Δt <sub>с</sub> °C	Q <sub>1г</sub> кВт	Q <sub>1с</sub> кВт	Q <sub>1</sub> кВт
			L	B	H								
КЗМ м'яса №1	Сх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,39	0,00	0,39
	Пд	0,344	18	-	6	108	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх	0,176	12	-	6	72	20	-18	38	0	0,48	0,00	0,48
	Пн-Сх	0,261	6		6	36	0	-18	18	0	0,17	0,00	0,17
	Пн-Зх	0,264	12	-	6	72	-30	-18	-12	7,2	0,00	0,14	0,14
	Підлога	0,218	18	12	-	216	1	-18	19	0	0,89	0,00	0,89
	Покриття	0,214	18	12	-	216	33	-18	51	14,9	2,36	0,69	3,05
<b>Всього</b>											<b>4,30</b>	<b>0,83</b>	<b>5,12</b>
КЗМ м'яса №2	Пн	0,344	18	-	6	108	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,261	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,49	0,00	0,49
	Пд	0,344	18	-	6	108	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх-Пн	0,176	6	-	6	36	20	-18	38	0	0,24	0,00	0,24
	Зх-Пд	0,176	6	-	6	36	20	-18	38	0	0,24	0,00	0,24
	Підлога	0,218	18	12	-	216	1	-18	19	0	0,89	0,00	0,89
	Покриття	0,214	18	12	-	216	33	-18	51	14,9	2,36	0,69	3,05
<b>Всього</b>											<b>3,98</b>	<b>0,69</b>	<b>4,67</b>

Розрахунок теплопритоків від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою

Продовження таблиці 6.1.

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>3</sub> °C	t <sub>в</sub> °C	Δt °C	Δt <sub>с</sub> °C	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
КЗМ м'яса №3	Пн	0,344	18	-	6	108	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,39	0,00	0,39
	Пд	0,214	18	-	6	108	33	-18	51	3,2	1,18	0,07	1,25
	Зх	0,176	12	-	6	72	20	-18	38	0,0	0,48	0,00	0,48
	Підлога	0,218	18	12	-	216	1	-18	19	0	0,89	0,00	0,89
	Покриття	0,214	18	12	-	216	34	-18	52	14,9	2,40	0,69	3,09
<b>Всього</b>											<b>5,35</b>	<b>0,76</b>	<b>6,12</b>
КЗМ м'яса №4	Пн	0,214	30	-	6	180	33	-18	51	0	1,96	0,00	1,96
	Сх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,39	0,00	0,39
	Пд	0,344	30	-	6	180	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,39	0,00	0,39
	Підлога	0,218	30	12	-	360	1	-18	19	0	1,49	0,00	1,49
	Покриття	0,214	30	12	-	360	34	-18	52	14,9	4,01	1,15	5,15
<b>Всього</b>											<b>8,25</b>	<b>1,15</b>	<b>9,40</b>
КЗМ м'яса №5	Пн	0,344	30	-	6	180	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,39	0,00	0,39
	Пд	0,344	30	-	6	180	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	7,2	0,39	0,11	0,50
	Підлога	0,218	30	12	-	360	1	-18	19	0	1,49	0,00	1,49
	Покриття	0,214	30	6	-	180	34	-18	52	14,9	2,00	0,57	2,58
<b>Всього</b>											<b>4,28</b>	<b>0,68</b>	<b>4,97</b>

Розрахунок теплопритоків від зовнішнього приміщення з більшою температурою

Продовження таблиці 6,1

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>г</sub> °C	t <sub>в</sub> °C	Δt °C	Δt <sub>с</sub> °C	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
КЗМ м'яса №6	Пн	0,344	30	-	6	180	-18	-18	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0	0,39	0,00	0,39
	Пд	0,261	30	-	6	180	0	-18	18	3,2	0,85	0,15	1,00
	Зх	0,211	12	-	6	72	8	-18	26	0,0	0,39	0,00	0,39
	Підлога	0,218	30	12	-	360	1	-18	19	0	1,49	0,00	1,49
	Покриття	0,214	30	12	-	360	34	-18	52	14,9	4,01	1,15	5,15
<b>Всього</b>											<b>7,13</b>	<b>1,30</b>	<b>8,43</b>
Експедиція	Пн	0,261	30	-	6	180	-18	0	-18	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,339	12	-	6	72	8	0	8	0	0,20	0,00	0,20
	Пд	0,347	30	-	6	180	33	0	33	3,2	2,06	0,20	2,26
	Зх	0,339	12	-	6	72	8	0	8	0	0,20	0,00	0,20
	Підлога	0,000	30	12	-	360	1	0	1	0	0,00	0,00	0,00
	Покриття	0,214	30	12	-	360	34	0	34	14,9	2,62	1,15	3,77
<b>Всього</b>											<b>5,07</b>	<b>1,35</b>	<b>6,42</b>
КЗО ковбас варених №1	Пн	0,347	24	-	6	144	33	2	31	0	1,55	0,00	1,55
	Сх	0,347	12	-	6	72	33	2	31	3,9	0,77	0,10	0,87
	Пд	0,339	24	-	6	144	2	2	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх	0,339	12	-	6	72	8	2	6	7,2	0,15	0,18	0,32
	Підлога	0,000	24	12	-	288	1	2	-1	0	0,00	0,00	0,00
	Покриття	0,347	24	12	-	288	34	2	32	14,9	3,20	1,49	4,69
<b>Всього</b>											<b>5,67</b>	<b>1,76</b>	<b>7,43</b>

Розрахунок теплопритоків від зовнішнього приміщення з більшою температурою

Продовження таблиці 6,1

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>г</sub> °C	t <sub>в</sub> °C	Δt °C	Δt <sub>с</sub> °C	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
КЗО ковбас варених №2	Пн	0,339	24	-	6	144	2	2	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,347	12	-	6	72	33	2	31	3,9	0,77	0,10	0,87
	Пд	0,339	24	-	6	144	2	2	0	0	0,00	0,00	0,00
	Зх	0,339	12	-	6	72	8	2	6	0,0	0,15	0,00	0,15
	Підлога	0,000	24	12	-	288	1	2	-1	0	0,00	0,00	0,00
	Покриття	0,347	24	12	-	288	34	2	32	14,9	3,20	1,49	4,69
<b>Всього</b>											<b>4,12</b>	<b>1,59</b>	<b>5,71</b>
КЗО ковбас копчених	Пн	0,339	24	-	6	144	2	2	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,347	12	-	6	72	33	2	31	3,9	0,77	0,10	0,87
	Пд	0,339	24	-	6	144	2	2	0	3,2	0,00	0,16	0,16
	Зх	0,339	12	-	6	72	8	2	6	0	0,15	0,00	0,15
	Підлога	0,000	24	12	-	288	1	2	-1	0	0,00	0,00	0,00
	Покриття	0,347	24	12	-	288	34	2	32	14,9	3,20	1,49	4,69
<b>Всього</b>											<b>4,12</b>	<b>1,74</b>	<b>5,86</b>
КЗО концерт м'ясних	Пн	0,339	24	-	6	144	2	2	0	0	0,00	0,00	0,00
	Сх	0,347	12	-	6	72	33	2	31	3,9	0,77	0,10	0,87
	Пд	0,347	24	-	6	144	33	2	31	3,2	1,55	0,16	1,71
	Зх	0,339	12	-	6	72	8	2	6	7,2	0,15	0,18	0,32
	Підлога	0,000	24	12	-	288	1	2	-1	0	0,00	0,00	0,00
	Покриття	0,347	24	12	-	288	34	2	32	14,9	3,20	1,49	4,69
<b>Всього</b>											<b>5,67</b>	<b>1,92</b>	<b>7,59</b>

Розрахунок теплопритоків від зовнішнього приміщення з більшою температурою

Продовження таблиці 6,1

Коридор №1	Пн	0,347	6	-	6	36	33	8	25	0	0,31	0,00	<b>0,31</b>
	Сх-Пн	0,211	36	-	6	216	-18	8	-26	0	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	Сх-Пд	0,339	12	-	6	72	0	8	-8	3,5	0,00	0,09	<b>0,09</b>
	Пд	0,347	6	-	6	36	33	8	25	3,2	0,31	0,04	<b>0,35</b>
	Зх-Пн	0,339	12	-	6	72	33	8	25	0	0,61	0,00	<b>0,61</b>
	Зх-Пд	0,211	36	-	6	216	-18	8	-26		0,00	0,00	<b>0,00</b>
	Підлога	0,000	48	12	-	576	1	8	-7	0	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	Покриття	0,347	48	12	-	576	34	8	26	14,9	5,20	2,98	<b>8,17</b>
<b>Всього</b>										<b>5,51</b>	<b>3,06</b>	<b>8,57</b>	
Коридор №2	Пн	0,347	6	-	6	36	33	8	25	0	0,31	0,00	<b>0,31</b>
	Сх	0,339	48	-	6	288	2	8	-6	0	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	Пд	0,347	6	-	6	36	33	8	25	3,2	0,31	0,04	<b>0,35</b>
	Зх-Пн	0,211	36	-	6	216	-18	8	-26	0	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	Зх-Пд	0,339	12	-	6	72	8	8	0	7,2	0,00	0,18	<b>0,18</b>
	Підлога	0,000	24	12	-	288	1	8	-7	0	0,00	0,00	<b>0,00</b>
	Покриття	0,347	24	12	-	288	34	8	26	14,9	2,60	1,49	<b>4,09</b>
	<b>Всього</b>										<b>3,22</b>	<b>1,70</b>	<b>4,93</b>

6.2. Теплопритоки при термічній обробці продуктів

Розрахунок здійснюємо за формулою:

$$Q_2 = Q_{2П} + Q_{2Т}, \text{ кВт} \quad (6.5)$$

де  $Q_{2П}$  - теплопритік від продуктів,  $\text{кВт}$ ;

$Q_{2Т}$  - теплопритік від тари,  $\text{кВт}$ .

Знаходимо теплопритік від продуктів за формулою:

при дозаморожуванні та доохолодженні продуктів в камерах зберігання.

$$Q_{2П} = M_{\text{д}} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт} \quad (6.6)$$

при холодильній обробці в камерах охолодження і заморожування періодичної дії,

$$Q_{2П} = 1,3 \cdot M_{\text{пр}} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт} \quad (6.7)$$

де 1,3 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність теплового навантаження

$M_{\text{д}}$  - добове надходження продуктів в камеру,  $\text{т} / \text{добу}$ ;

$i_n$  - ентальпія продукту при надходженні в камеру,  $\text{кДж} / \text{кг}$ ;

$i_k$  - ентальпія продукту після холодильної обробки,  $\text{кДж} / \text{кг}$ ;

$\tau$  - час холодильної обробки,  $\text{год} / \text{дів}$ .

Знаходимо теплопритік від тари за формулою:

$$Q_{2T} = M_{\text{от}} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт} \quad (6.8)$$

де  $M_{\text{от}}$  - добове надходження тари в камеру,  $t / \text{добу}$ ;

$t_n$  - температура тари при надходженні в камеру,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_k$  - температура тари після холодильної обробки,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau$  - час холодильної обробки,  $\text{год} / \text{дів}$ ;

$C_T$  - теплоємність тари,  $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$ .

Теплоємність картонного ящика  $2,3 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$

Масу тари приймаємо як 10% від маси продукту.

Витрата холоду у камері заморожування м'яса в блоках:

$$Q_{2П} = 37 \cdot (34.8 - 4.60) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 12.93, \text{ кВт};$$

Теплопритік від тари:

$$Q_{2T} = 3.7 \cdot (-8 - (-18)) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0.98 \text{ кВт}$$

Сумарне навантаження:

$$Q_2 = (12.93 + 0.98) \cdot 2 = 13.92, \text{ кВт}.$$

Камера зберігання мороженого м'яса в блоках №1,2,3,4,5,6,

$$Q_{2П} = 30.85 \cdot (12.2 - 4.6) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 2.71, \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 30.85 \cdot (-15 - (-18)) \cdot 1000 / 24 \cdot 3600 = 0.25, \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 2.96 + 0.25 = 2.96 \cdot 6 = 17.75, \text{ кВт}.$$

Камера зберігання ковбас варених №1,2

$$Q_{2П} = 4.5 \cdot (289 - 261) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 1.46, \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0.45 \cdot 2.3 \cdot (8 - 2) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0.07, \text{ кВт};$$

$$Q_2 = (1.46 + 0.07) \cdot 6 = 1.53, \text{ кВт}.$$

Камера зберігання ковбас копчених

$$Q_{2П} = 5 \cdot (289 - 261) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 1.62, \text{ кВт};$$

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2T} = 0,5 \cdot 2,3 \cdot (8 - 2) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,08 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 1.62 + 0.08 = 1.7 \text{ , кВт}.$$

Камера зберігання консерви м'ясних:

$$Q_{2П} = 27.5 \cdot (302 - 261) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 13.05 \text{ , кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,275 \cdot 2,3 \cdot (12 - 2) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,73 \text{ , кВт};$$

$$Q_2 = 13.05 + 0.73 = 13.78 \text{ , кВт}.$$

Загальна таблиця теплопритоків при термічній обробці продуктів занесена до Таблиці 6.2.

#### Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів

Таблиця 6.2.

Назва камери	t <sub>кам</sub> °C	M <sub>д</sub> т/доб	M <sub>дт</sub> т/доб	t <sub>п</sub> °C	t <sub>к</sub> °C	i <sub>п</sub> кДж/кг	i <sub>к</sub> кДж/кг	C <sub>т</sub> кДж/кгК	t год	1000*1000 3600*t	Q <sub>2п</sub> кВт	Q <sub>2т</sub> кВт	Q <sub>2</sub> Вт
Камера доморожування №1	-30	37,0	3,70	-8	-18	34,8	4,60	2,3	24	11,57	12,93	0,98	13,92
Камера доморожування №2	-30	37,0	3,70	-8	-18	34,8	4,60	2,3	24	11,57	12,93	0,98	13,92
Всього													27,84
КЗМ м'яса №1	-18	30,8	3,08	-15	-18	12,2	4,60	2,3	24	11,57	2,71	0,25	2,96
КЗМ м'яса №2	-18	30,8	3,08	-15	-18	12,2	4,60	2,3	24	11,57	2,71	0,25	2,96
КЗМ м'яса №3	-18	30,8	3,08	-15	-18	12,2	4,60	2,3	24	11,57	2,71	0,25	2,96
КЗМ м'яса №4	-18	30,8	3,08	-15	-18	12,2	4,60	2,3	24	11,57	2,71	0,25	2,96
КЗМ м'яса №5	-18	30,8	3,08	-15	-18	12,2	4,60	2,3	24	11,57	2,71	0,25	2,96
КЗМ м'яса №6	-18	30,8	3,08	-15	-18	12,2	4,60	2,3	24	11,57	2,71	0,25	2,96
Всього													17,75
КЗМ ковбас варених №1	2	4,5	0,45	8	2	289,0	261	2,3	24	11,57	1,46	0,07	1,53
КЗМ ковбас варених №2	2	4,5	0,45	8	2	289,0	261	2,3	24	11,57	1,46	0,07	1,53
КЗО ковбас копчених	2	5,0	0,50	8	2	289,0	261	2,3	24	11,57	1,62	0,08	1,70
КЗО консерв м'ясних	2	27,5	2,75	12	2	302,0	261	2,3	24	11,57	13,05	0,73	13,78
Всього													18,54

#### 6.3. Розрахунок експлуатаційних теплопритоків

Розраховуємо експлуатаційні теплопритоки за формулою:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \text{ , Вт} \quad (6.9)$$

де q<sub>1</sub> - теплопритік від освітлення, Вт;

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$q_2$  - теплопритік від людей,  $Вт$ ;

$q_3$  - теплопритік від працюючих електродвигунів,  $Вт$ ;

$q_4$  - теплопритік від відкривання дверей,  $Вт$ .

Знаходимо теплопритік від освітлення за формулою:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт} \quad (6.10)$$

де  $A$  - питомий теплопритік від приладів на  $1 \text{ м}^2$  підлоги,  $Вт/м^2$ ;

$F$  - площа камери,  $м^2$ .

Знаходимо теплопритік від перебування людей за формулою:

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ Вт} \quad (6.11)$$

де  $n$  - кількість людей,  $чол$ ;

$350$  - теплопритік від однієї працюючої людини,  $Вт/чол$ .

Знаходимо теплопритік від працюючих електродвигунів за формулою:

$$q_3 = N_{el} \cdot 1000, \text{ Вт} \quad (6.12)$$

де  $N_{el}$  - сумарна потужність всіх електродвигунів,  $кВт$ .

Знаходимо теплопритік від відкривання дверей за формулою:

$$q_4 = K \cdot F, \text{ Вт} \quad (6.13)$$

де  $K$  - питомий теплопритік на  $1 \text{ м}^2$  підлоги,  $Вт/м^2$ ;

$F$  - площа камери,  $м^2$ .

Для прикладу наводимо розрахунок експлуатаційних теплопритоків для камер зберігання м'яса в блоках № 1, 2, 3:

$$q_1 = 2,3 \cdot 216 / 1000 = 0,50, \text{ кВт}; \quad q_2 = 350 \cdot 3 / 1000 = 1,05, \text{ кВт}; \quad q_3 = 3, \text{ кВт};$$

$$q_4 = 8 \cdot 216 / 1000 = 1,73, \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,5 + 1,05 + 3 + 1,73 = 6,27 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 6,27 \cdot 3 = 18,81, \text{ кВт}$$

Значення експлуатаційних теплопритоків всіх камер занесені до таблиці 6.3.

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

**Експлуатаційні теплопритоки**

**Таблиця 6.3**

Назва камери	F <sub>д</sub> м <sup>2</sup>	A Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>1</sub> кВт	n чол.	q <sub>2</sub> кВт	N <sub>ел</sub> кВт	q <sub>3</sub> кВт	K Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>4</sub> кВт	Q <sub>4</sub> кВт
Камера заморожування №1	72	4,7	0,34	2	0,70	10	10	15	1,08	12,12
Камера заморожування №2	72	4,7	0,34	2	0,70	10	10	15	1,08	12,12
<b>Всього</b>										<b>24,24</b>
КЗО м'яса №1	216	2,3	0,50	3	1,05	3	3	8	1,73	6,27
КЗО м'яса №2	216	2,3	0,50	3	1,05	3	3	8	1,73	6,27
КЗО м'яса №3	216	2,3	0,50	3	1,05	3	3	8	1,73	6,27
КЗО м'яса №4	360	2,3	0,83	3	1,05	3	3	8	2,88	7,76
КЗО м'яса №5	360	2,3	0,83	3	1,05	3	3	8	2,88	7,76
КЗО м'яса №6	360	2,3	0,83	3	1,05	3	3	8	2,88	7,76
<b>Всього</b>										<b>42,10</b>
КЗО ковбаси вареної №1	288	2,3	0,66	3	1,05	3	3	12	3,46	8,17
КЗО ковбаси вареної №2	288	2,3	0,66	3	1,05	3	3	12	3,46	8,17
КЗО ковбаси копченої	288	2,3	0,66	3	1,05	3	3	12	3,46	8,17
КЗО консерв м'ясних	288	2,3	0,66	3	1,05	3	3	12	3,46	8,17
<b>Всього</b>										<b>32,67</b>
Коридор №1	288	4,7	1,35	3	1,05	3	3	20	5,76	11,16
Коридор №2	288	4,7	1,35	3	1,05	3	3	20	5,76	11,16
<b>Всього</b>										<b>22,33</b>
Накопичувально-розвантажувальна	72	4,7	0,34	2	0,70	5	5	38	2,74	8,77
Експедиція	360	4,7	1,69	3	1,05	5	5	20	7,20	14,94
<b>Всього</b>										<b>23,72</b>

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодуильника:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ Вт (6.14)}$$

де  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  – надходження теплоти відповідно через огорожувальні будівельні конструкції, від продуктів при холодильному оброблені, від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією камери, від продуктів.

Значення всіх теплопритоків холодуильника занесені до таблиці 6.4

### Зведена таблиця теплопритоків і навантаження

Таблиця 6.4.

Назва приміщення	t <sub>кам</sub> °C	Q <sub>1</sub> , кВт	Q <sub>2</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , кВт	Q, кВт
		Обл.	Обл.	Обл.	Обл.
Камера доморожування №1	-30	2,81	13,92	12,12	28,84
Камера доморожування №2	-30	2,29	13,92	12,12	28,33
					<b>57,17</b>
КЗМ м'яса в блоках №1	-18	5,12	2,96	6,27	14,35
КЗМ м'яса в блоках №2	-18	9,67	2,96	6,27	18,90
КЗМ м'яса в блоках №3	-18	6,12	2,96	6,27	15,35
КЗМ м'яса в блоках №4	-18	9,40	2,96	7,76	20,12
КЗМ м'яса в блоках №5	-18	4,97	2,96	7,76	15,69
КЗМ м'яса в блоках №6	-18	8,43	2,96	7,76	19,15
					<b>103,57</b>
КЗО ковбас варених №1	2	7,43	1,53	8,17	17,13
КЗО ковбас варених №2	2	5,71	1,53	8,17	15,41
КЗО ковбас копчених	2	5,86	1,70	8,17	15,73
КЗО м'ясних консерв	2	7,59	13,78	8,17	29,54
<b>Всього</b>					<b>77,81</b>
Експедиція	0	6,42	0,00	14,94	21,36
Накопичувально-розвантажувальна	0	1,80	0,00	8,77	10,57
<b>Всього</b>					<b>31,93</b>
Коридор №1	8	8,57	0,00	11,16	19,73
Коридор №2	8	4,93	0,00	11,16	16,09
<b>Всього</b>					<b>35,82</b>

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

Навантаження на компресор розраховуємо по наближеному методу рекомендованому для холодильників з великою кількістю камер (споживачів холоду) [ 1,с.62].

Навантаження на компресор для всіх камер від теплопритоку через огороження приймають:

$$Q_{1KM} = 0,9 \cdot Q_1, \text{ Вт} \quad (7.1)$$

Навантаження на компресор для камер термообробки від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{2KM} = Q_2, \text{ Вт} \quad (7.2)$$

Навантаження на компресор для камер зберігання заморожених вантажів від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{2KM} = 0,6 \cdot Q_2, \text{ Вт} \quad (7.3)$$

Навантаження на компресор для всіх камер від експлуатаційних теплопритоків приймають:

$$Q_{4KM} = 0,75 \cdot Q_4, \text{ Вт} \quad (7.4)$$

**Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = - 8^\circ\text{C}$**

$$\Sigma Q_{KM} = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + 0,6 \cdot \Sigma Q_2 + 0,75 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 48,31 + 0,6 \cdot 18,54 + 0,75 \cdot 79,59 = 113,84 \text{ кВт}$$

$$Q_{-6} = 1,05 \cdot \Sigma Q_{KM} = \frac{1,05 \cdot 113,84}{0,9} = 132,8 \text{ кВт}$$

**Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = - 28^\circ\text{C}$**

$$\Sigma Q_{KM} = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + 0,6 \cdot \Sigma Q_2 + 0,75 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 43,71 + 0,7 \cdot 17,76 + 0,5 \cdot 42,09 = 81,56 \text{ кВт};$$

$$Q_{-25} = 1,065 \cdot \Sigma Q_{KM} = \frac{1,065 \cdot 81,56}{0,9} = 97,69 \text{ кВт}$$

**Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = - 40^\circ\text{C}$**

$$\Sigma Q_{KM} = 0,9 \cdot \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,75 \Sigma Q_4 = 0,9 \cdot 5,1 + 27,84 + 0,75 \cdot 24,24 = 50,61 \text{ кВт};$$

$$Q_{-40} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{KM} = \frac{1,1 \cdot 50,61}{0,9} = 61,8 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.Зм.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПідп	Дата		47

Результати розрахунків навантаження на теплообмінне обладнання та компресор заносимо до таблиці.

**Зведена таблиця теплопритоків і навантаження**

**Таблиця 7.4.**

Назва приміщення	t <sub>кам</sub> °C	Q <sub>1</sub> , кВт		Q <sub>2</sub> , Вт		Q <sub>4</sub> , кВт		Q, кВт	
		Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ
Камера заморожування №1	-30	2,81	2,53	13,92	13,92	12,12	9,09	28,84	25,54
Камера заморожування №2	-30	2,29	2,06	13,92	13,92	12,12	9,09	28,33	25,07
								<b>57,17</b>	<b>50,61</b>
КЗМ м'яса в блоках №1	-18	5,12	4,61	2,96	1,78	6,27	4,71	14,35	11,09
КЗМ м'яса в блоках №2	-18	9,67	8,70	2,96	1,78	6,27	4,70	18,90	15,18
КЗМ м'яса в блоках №3	-18	6,12	5,51	2,96	1,78	6,27	4,71	15,35	11,99
КЗМ м'яса в блоках №4	-18	9,40	8,46	2,96	1,78	7,76	5,82	20,12	16,06
КЗМ м'яса в блоках №5	-18	4,97	4,47	2,96	1,78	7,76	5,82	15,69	12,07
КЗМ м'яса в блоках №6	-18	8,43	7,59	2,96	1,78	7,76	5,82	19,15	15,18
								<b>103,57</b>	<b>81,57</b>
КЗО ковбас варених №1	2	7,43	6,69	1,53	0,92	8,17	6,13	17,13	13,73
КЗО ковбас варених №2	2	5,71	5,14	1,53	0,92	8,17	6,13	15,41	12,18
КЗО ковбас копчених	2	5,86	5,27	1,70	1,02	8,17	6,13	15,73	12,42
КЗО м'ясних консерв	2	7,59	6,83	13,78	8,27	8,17	6,13	29,54	21,23
<b>Всього</b>								<b>77,81</b>	<b>59,57</b>
Експедиція	0	6,42	5,78	0,00	0,00	14,94	11,21	21,36	16,98
Накопичувально-розвантажувальна	0	1,80	1,62	0,00	0,00	8,77	6,58	10,57	8,20
<b>Всього</b>								<b>31,93</b>	<b>25,18</b>
Коридор №1	8	8,57	7,71	0,00	0,00	11,16	8,17	19,73	15,88
Коридор №2	8	4,93	4,44	0,00	0,00	11,16	8,77	16,09	13,21
<b>Всього</b>								<b>35,82</b>	<b>29,09</b>

## **8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки**

В даному дипломному проєкті джерелом холодопостачання є централізована система охолодження з холодильним агентом – аміак. На великих холодильниках місткістю 1000 т і більше з аміачними системами охолодження використовують централізоване холодопостачання з розміщенням в загальному машинному відділенні компресорів, які працюють на різні температури кипіння. Концентрація обладнання в загальному залі полегшує його обслуговування і огляд на протязі робочого дня, якщо потребується постійне спостереження. Система охолодження має безпосереднє охолодження камер. Така система більш економічна в порівнянні з системою з проміжним холодоносієм завдяки невеликому перепаду між температурою в камері та температурою кипіння холодильного агента, а зниження перепаду температури на 5°C зменшує витрату електроенергії на 15%. Застосовуємо насосно-циркуляційну схему циркуляційними ресиверами та проміжною посудиною. Основна причина переходу на насосно-циркуляційну схему в тому, що при охолодженні 5 – 6 камер і більше потребується велика кількість регуляторів заповнення (наприклад ТРВ), що не тільки здорожує установку, але й знижує її надійність.

Дана холодильна установка є двоступеневою з 3 температурами кипіння. Така схема є більш економічною та дозволяє спростити та здешевити установку.

Охолодження камер здійснюється через повітроохолодники, що дає змогу зменшити металоємність в порівнянні з батарейним охолодженням.

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### **9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.**

Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування (пари на вході в компресор)  $t_{ec}$ .

Значення цих параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки і розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння х.а. приймаємо на  $10^\circ\text{C}$  нижчою, ніж температура у камерах охолодження.

Температура конденсації залежить від температури і кількості подаваного повітря. Температур конденсації для установок з випарювальним конденсатором приймають в залежності від температури зовнішнього повітря і по густині теплового потоку  $q_F$  ([1] рис.11.1), оптимальне значення  $q_F=2,5$  кВт.

$$t_k = 43^\circ\text{C}.$$

Температуру кипіння в установці приймають на  $5 - 10^\circ\text{C}$  нижче температури повітря в камері:

$$t_0 = t_B - (5 - 10)^\circ\text{C};$$

$$t_0 = -8^\circ\text{C}$$

$$t_0 = -28^\circ\text{C}$$

$$t_0 = -40^\circ\text{C}$$

Температуру всмоктування в компресорі визначають :

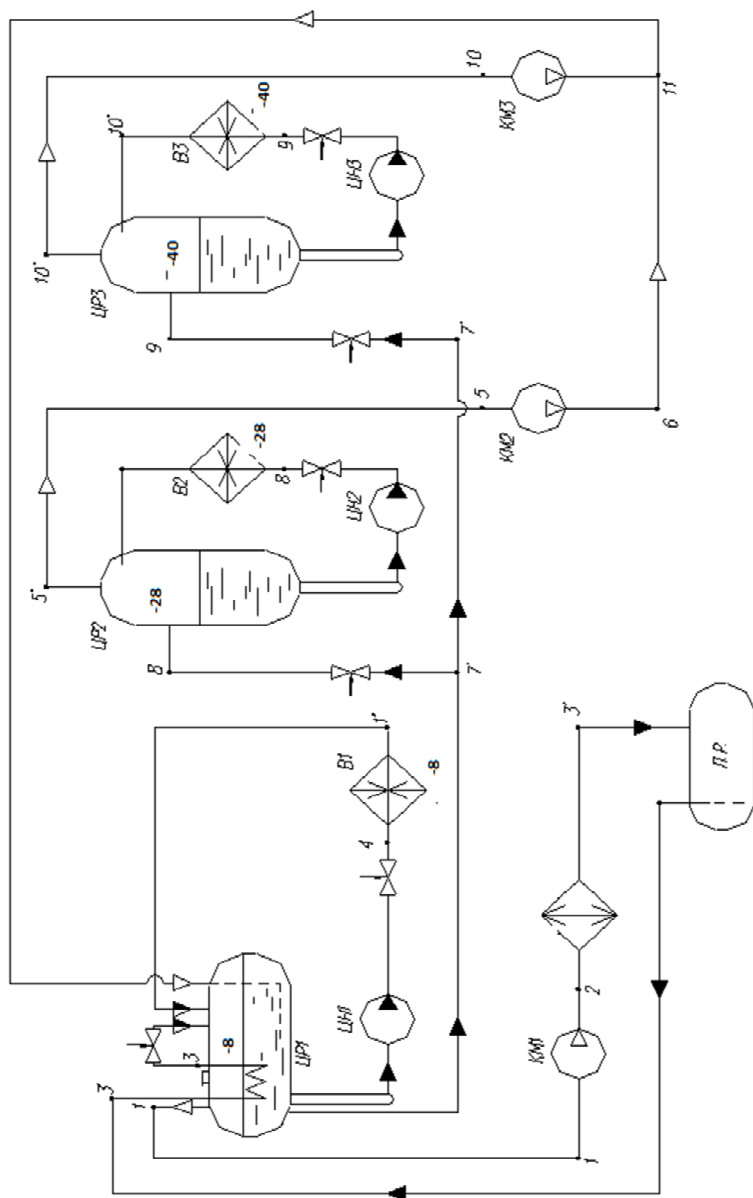
$$t_{bc} = t_0 + (5 - 10)^\circ\text{C};$$

Будуємо цикл в  $\lg P - i$  діаграмі для R717.

Значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл.9.1.

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема холодильної установки зображена на рис.9.1



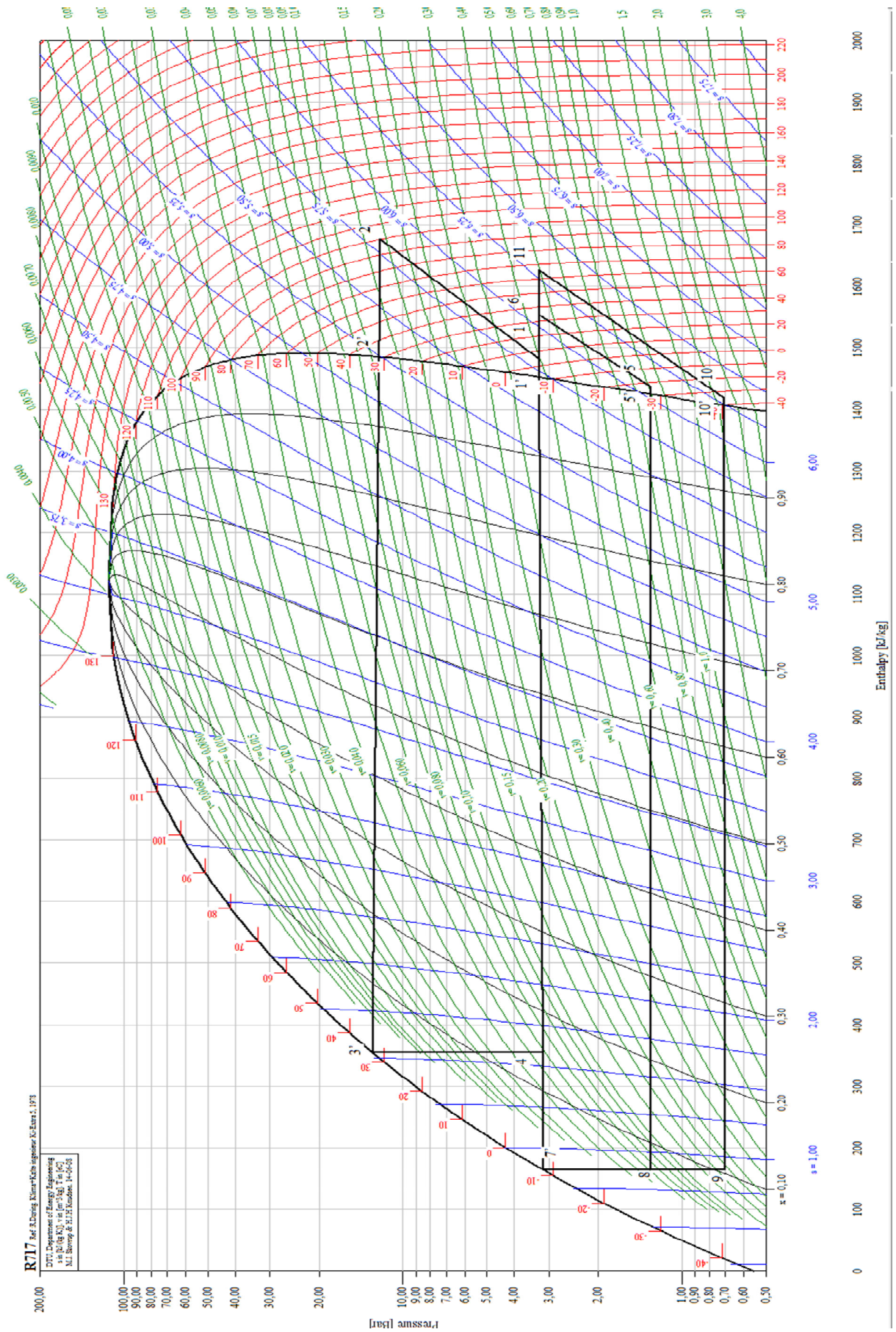
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.009.003.ПЗ

Арк.

51

Рисунок 9.2 Цикл в  $\lg P - i$  діаграмі для R717



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.009.003.ПЗ

Таблиця 9.1 Параметри робочих точок циклу

№ точки	t°,C	P, МПа	v, м <sup>3</sup> /Год	i, кДж/кг
1'	-8	0,324	0,376	1453,2
1	3,4	0,324	0,395	1478
2	99	1,28	0,11	1724
2'	33	1,28	0,07	1491
3'	33	1,28	0,0017	398
4	-8	0,324	0,073	403
5'	-28	0,129	0,9	1425
5	-21	0,129	0,92	1440
6	35,3	0,324	0,449	1555
7'	-8	0,324	0,002	165
8	-28	0,129	0,06	165
9	-40	0,06	0,175	167
10'	-40	0,06	0,158	1404
10	-34	0,06	0,161	1422
11	66,2	0,324	0,5	1627

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту, який треба відводити від циркуляційних ресиверів:

$$M_{(-40)} = Q_{0m(-40)} / (i_{10'} - i_9) = \frac{61,8}{1404 - 167} = 0,05 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

де:  $Q_{0m(-40)}$ , – навантаження на компресор за даних температур кипіння,  
 $i_{10'}$ ,  $i_9$  – ентальпія точок.

$$M_{(-28)} = Q_{0m(-28)} / (i_{5'} - i_8) = \frac{97,69}{1425 - 165} = 0,077 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{(-8)} = Q_{0m(-8)} / (i_{1'} - i_4) = \frac{132,8}{1453 - 403} = 0,126 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Сумарна масова витрата холодильного агенту в компресорі 1:

$$M_{\text{кв1}} = M_{(-8)} + M_{(-28)} \times \frac{(i_6 - i_{7''})}{(i_{1'} - i_4)} + M_{(-40)} \times \frac{(i_{11} - i_{7''})}{(i_{1'} - i_4)} =$$

$$= 0,126 + 0,077 \times \frac{(1555 - 165)}{(1453 - 403)} + 0,05 \times \frac{(1627 - 165)}{(1453 - 403)} = 0,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнти подачі  $\lambda$ .  $\lambda = \lambda_i \times \lambda_w$ .

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі.

Для КМ1.

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{i\delta} - \Delta P_{\text{ан}}}{P_{i\delta}} - \tilde{n} \times \left[ \left( \frac{P_e + \Delta P_i}{P_{i\delta}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{i\delta} - \Delta P_{\text{ан}})}{P_{i\delta}} \right];$$

									Арк.
									53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

де  $c=0,03$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,009 \text{ МПа}$  - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,082 \text{ МПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{\text{нр}} = 0,324 \text{ МПа}$ ; - знаходимо по діаграмі;

$P_{\text{к}} = 1,65 \text{ МПа}$ ; - знаходимо по діаграмі;

$$\lambda_{i1} = \frac{0,324 - 0,009}{0,324} - 0,03 \times \left[ \left( \frac{1,65 + 0,082}{0,310} \right) - \frac{(0,31 - 0,009)}{0,310} \right] = 0,713;$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_{\text{к}}} = \frac{(273 + (-8))}{273 + 43} = 0,83;$$

$$\lambda_1 = 0,83 \times 0,713 = 0,68;$$

Для КМЗ.

$$\lambda_{i3} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \times \left[ \left( \frac{P_{\text{нр}} - \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{\text{вс}})}{P_0} \right];$$

де  $c=0,03$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,0018 \text{ МПа}$  - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,082 \text{ МПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{\text{нр}} = 0,324 \text{ МПа}$ ;

$$\lambda_{i3} = \frac{0,06 - 0,0018}{0,06} - 0,03 \times \left[ \left( \frac{0,324 + 0,082}{0,06} \right) - \frac{0,06 - 0,0018}{0,06} \right] = 0,8;$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_{\text{нр}}} = \frac{(273 + (-40))}{273 + 43} = 0,73;$$

$$\lambda_3 = \lambda_{i3} \times \lambda_{w'3} = 0,87 \times 0,8 = 0,58;$$

Для КМ2.

$$\lambda_{i2} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \times \left[ \left( \frac{P_{\text{нр}} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{\text{вс}})}{P_0} \right];$$

де  $c=0,03$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,0038 \text{ МПа}$  - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,082 \text{ МПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{\text{нр}} = 0,324 \text{ МПа}$ ;

$$\lambda_{i2} = \frac{0,129 - 0,0038}{0,129} - 0,03 \times \left[ \left( \frac{0,324 + 0,082}{0,129} \right) - \frac{0,129 - 0,0038}{0,129} \right] = 0,9;$$

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

$$\lambda_{w/2} = \frac{T_0}{T_k} = \frac{(273 + (-28))}{273 + 43} = 0,77;$$

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \times \lambda_{w/2} = 0,9 \times 0,77 = 0,7;$$

Розрахунок компресора КМ1.

1) Знаходимо необхідну дійсну об'ємну подачу компресора:

$$V_o = M_{(-8)} \times v_1 = 0,126 \times 0,395 = 0,05 \frac{M^3}{c};$$

2)  $\lambda = 0,68$ ;

3) Теоретична об'ємна подача компресора:

$$V_m = \frac{V_o}{\lambda} = \frac{0,05}{0,68} = 0,07 \frac{M^3}{c};$$

За даними теоретичної подачі підбираємо 2 компресора виробництва YORK SMO марки СМО 26 з подачею  $0,048 \frac{M^3}{c}$ .

Сумарна теоретична подача компресорів буде дорівнювати  $V_{T.сум.} = 0,096 \frac{M^3}{c}$ .

Таблиця 9.2 Технічна характеристика 1-ступеневого поршневого компресора YORK серії СМО 26

Модель	Кількість циліндрів	Діаметр × хід поршня	Максимальна частота обертання	Теоретична об'ємна подача при макс. об/хв		Номінальна продуктивність					Розміри (блок з прямим приводом)			Маса, (без двигуна)	Рівень шуму
						R717		R22			Довжина	Ширина	Висота		
						1 / СВТ		Бустер		1 / СВТ					
						-10 / +35°C	0 / +35°C	-40 / -10°C	0 / +35°C	-10 / +35°C	кВт	кВт	кВт		
СМО 26	6	70 x 70	1800	175	0,0486	79	127	21	121	79	1400 - 1750	690	1000	475	70

4) Визначаємо дійсну масову витрату циркулюючого холодильного агенту:

$$M_d = \frac{\lambda \cdot V_{T.сум.}}{v_1} = \frac{0,68 \cdot 0,096}{0,395} = 0,165 \frac{кг}{c}$$

5) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(o)} \times (i_2 - i_1) = 0,165 \times (1724 - 1478) = 40,5 \text{ кВт};$$

6) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w/1} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,001;$$

$$\eta_i = 0,83 + 0,001 \times (-8) = 0,82;$$

7) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{40,5}{0,82} = 49,3 \text{ кВт};$$

8) Потужність на валу компресора:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{мех}} = \frac{49,3}{0,9} = 54,7 \text{ кВт};$$

					00.KP.142.009.003.ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						55

9) Електрична потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ел.д}} = \frac{N_{\text{ел}}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{54.7}{0.95} = 57 \text{ кВт};$$

Знаходимо 2 двигуни за даними розрахунків:

2 двигуна 4A180M4Y3 (по 30 кВт кожен).

Розрахунок компресора КМ2.

1) Знаходимо дійсну об'ємну подачу компресора:

$$V_o = M_{(-28)} \times v_5 = 0,077 \times 0,92 = 0,07 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2)  $\lambda = 0,7$ ;

3) Теоретична об'ємна подача компресора:

$$V_m = \frac{V_o}{\lambda} = \frac{0,07}{0,7} = 0,1 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Підбираємо 2 компресора виробництва YORK SMO 36 з теоретичною подачею

$$0,056 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Сумарна теоретична подача 2-ох компресорів  $V_{\text{т.сум.}} = 0,112 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$

Таблиця 9.3 Технічна характеристика 1-ступеневого поршневого компресора YORK серії SMO 36

Модель	Кількість циліндрів	Діаметр × хід поршня	Теоретична об'ємна подача при макс. об/хв		Номінальна продуктивність					Розміри (блок з прямим приводом)			Маса, (без двигуна) кг	Рівень шуму Дб
					R717		R22			Довжина мм	Ширина мм	Висота мм		
					1 / СВТ		Бустер	1 / СВТ						
					-10 / +35°C	0 / +35°C	-40 / -10°C	0 / +35°C	-10 / +35°C					
СМО 36	шт	мм	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /с	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	мм	мм	мм	кг	Дб
	6	70*82	204	0,0560	93	149	25	149	95	1450	800	900	520	72

4) Визначаємо дійсну масову витрату циркулюючого холодильного агенту:

$$M_d = \frac{\lambda \cdot V_{\text{т.сум.}}}{v_5} = \frac{0,680.7 \cdot 0,112}{0,92} = 0,085 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

5) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(-28)} \times (i_6 - i_5) = 0,085 \times (1555 - 1440) = 9.7 \text{ кВт};$$

6) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w2} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,001;$$

$$\eta_i = 0,77 + 0,001 \times (-28) = 0,742;$$

7) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{9.7}{0,742} = 13 \text{ кВт};$$

8) Потужність на валу компресора:

					00.KP.142.009.003.P3					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						56

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{13}{0,9} = 14,4 \text{ кВт};$$

9) Електрична потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ел.д}} = \frac{N_{\text{ел}}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{14,4}{0,9} = 16 \text{ кВт};$$

Знаходимо двигуни для кожного з компресорів за даними розрахунків:

2 двигуна 4A132M4Y3 (по 11 кВт кожен).

Розрахунок компресора КМЗ.

1) Знаходимо необхідну дійсну об'ємну подачу компресора:

$$V_o = M_{(o)} \times v_{10} = 0,05 \times 0,161 = 0,008 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2)  $\lambda = 0,58$ ;

3) Теоретична об'ємна подача компресора:

$$V_m = \frac{V_o}{\lambda} = \frac{0,008}{0,58} = 0,013 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Підбираємо 3 компресора виробництва GEA □ock марки NH3F3 з теоретичною подачею  $0,0056 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ .

Сумарна об'ємна теоретична подача 3 компресорів:

$$V_{\text{т.сум.}} = 0,0169 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Таблиця 9.4 Технічна характеристика компресора фірми GEA □ock модель NH3F3

Марка компресора	GEA □ock NH3F3
Число циліндрів, шт	2
Об'ємна продуктивність компресора V, м <sup>3</sup> /год	20,3
Діаметр циліндра, мм	55
Хід поршня, мм	49
Момент інерції мас кг/м <sup>2</sup>	0,0018
Діаметр всмоктуючого патрубкa, мм	30
Діаметр нагнітаючого патрубкa, мм	25
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	345
- ширина	200
- висота	390
Маса, кг	28
Заправка масла, л	1,5

4) Визначаємо дійсну масову витрату циркулюючого холодильного агенту:

$$M_d = \frac{\lambda \cdot V_{T.cym.}}{v_{10}} = \frac{0,58 \cdot 0,0169}{0,161} = 0,06 \frac{кг}{с}$$

5) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(o)} \times (i_{11} - i_{10}) = 0,06 \times (1627 - 1422) = 12,3 \text{ кВт};$$

де  $i_{11}, i_{10}$  – ентальпії точок;

6) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w'3} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,001;$$

$$\eta_i = 0,73 + 0,001 \times (-40) = 0,69;$$

7) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{12,3}{0,69} = 17,8 \text{ кВт};$$

8) Потужність на валу компресора:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{мех}} = \frac{17,8}{0,9} = 19,7 \text{ кВт};$$

9) Електрична потужність електродвигуна:

$$N_{ел.д} = \frac{N_{ел}}{\eta_{ел}} = \frac{19,7}{0,9} = 21,8 \text{ кВт};$$

Знаходимо по двигуну для кожного з компресорів:

за даними розрахунками: двигуни 4A132S4Y3 ( по 7,5 кВт кожен).

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10. Вибір теплообмінного обладнання та тепломасообмінних апаратів

Завдання теплового розрахунку теплообмінних апаратів полягає у визначенні площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено розв'язання рівняння теплопередачі:

$$F = Q / q_f, \text{ м}^2 \quad (10.1)$$

### 10.1 Розрахунок і вибір випарювального конденсатора:

Множники, що входять у рівняння теплопередачі, під час розрахунку конденсатора визначаються так:

$$Q = Q_k - \text{теплове навантаження конденсатора, кВт};$$

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = Q_{\text{ом}(-40)} + Q_{\text{ом}(-28)} + Q_{\text{ом}(-8)} + N_{i(-8)} + N_{i(-28)} + N_{i(-40)}; \quad (10.2)$$

Дійсну холодопродуктивність компресорів кожної ступені знаходимо із співвідношення:

$$Q_0 = \sum Q_{\text{ом}} \times \frac{V_{\text{км}}}{V_T}; \quad (10.3)$$

Отже:

$$Q_{\text{кд}} = 61.8 \times \frac{0,011}{0,008} + 97.69 \times \frac{0,094}{0,07} + 132.8 \times \frac{0,0628}{0,05} = 382 \text{ кВт};$$

Площа теплопередаючої поверхні випарювального конденсатора визначають за формулою (10,1), приймаючи  $q_F = 2.5 \text{ кВт/м}^2$ . Але при цьому слід враховувати, що в випарювальних конденсаторах знаходиться секція попереднього охолодження (форконденсатор), де пари холодильного агента охолоджуються повітрям без орошення поверхні теплообміну водою. Тому розрахункове навантаження на основну секцію, по площі якої підбирають випарний конденсатор, становить  $Q_k = (0,9 - 0,92) Q_{\text{к.д.}}$ .

$$Q_{\text{к.д.}} = 0,9 \cdot 382 = 344 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_k}{q_F} = \frac{344}{2.5} = 137.6, \text{ м}^2$$

За площею теплопередаючої поверхні підбираємо конденсатор:

									Арк.
									59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				

Марка апарату	Площа поверхні теплообміну	Номинальний тепловий потік*	Внутрішній об'єм аміачної порожнини № рисунок / кількість вентиляторів	Потужність, споживана вентиляторами	Частота обертання вентиляторів	Витрата повітря	Витрата циркулюючої води	Витрата води на підживлення	Розміри			Маса, не більш	
									L	□	H		
	м <sup>2</sup>	кВт	м <sup>3</sup>	шт	кВт	об/хв	м <sup>3</sup> /Год	м <sup>3</sup> /Год	м <sup>3</sup> /Год	м	м	м	кг
ЭКА300	147	320	0.59	2	0.75	960	32000	20.5	0.7	3	1.7	2.7	2870

### 10.2 Розрахунок і вибір повітроохолоджувачів

Для прикладу розглянемо розрахунок та підберемо повітроохолоджувач для камери зберігання ковбаси вареної №1:

Теплове навантаження на камерне обладнання:

$$Q_{обл} = 17,43 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплообміну поверхні повітроохолоджувача:

$$F = \frac{Q_{обл}}{k_{ок} \cdot \theta}, \text{ м}^2; \quad (10.4)$$

$$\theta = 10 \text{ , } ^\circ\text{C}$$

$k_{ок} = 17,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт теплопередачі для аміачного повітроохолоджувача

$$F = \frac{17430}{17,5 \cdot 10} = 100 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолоджувач «Позитрон» типу □ОП 100 080/115 1 шт.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на ньому вентиляторів:

$$V_{пер} = \frac{Q_{обл}}{\rho_{пов} \times (i_1 - i_2)} \quad (10.5)$$

де  $\rho_{пов}$  – густина повітря, яка виходить із повітроохолоджувача (визначається за I-d діаграмою);

$i_1, i_2$  - ентальпії для температур повітря входу і виходу в повітроохолоджувачі.

$$V_{пер} = \frac{17,43}{1,27 \times (9 - 6)} = 4,57 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

												Арк.
												60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ							

$$V_{\text{пов}} > V_{\text{пер}} \quad 5,83 > 4,57$$

За подібним розрахунком підбираємо стельові і пристінні повітроохолоджувачі для інших камер.

Таблиця 10.2 Теплове навантаження на камерне обладнання

Назва камери	Теплове навант. на камерне обл. $Q_{\text{обл}}$ , кВт	Потрібна площа теплообміну повітроохолоджувача $F$ , м <sup>2</sup>	Площа теплообміну підбраного повітроохолоджувача $F$ , м <sup>2</sup>
КЗО ковбас варених №1	17,43	100	107
КЗО ковбас варених №2	15,41	88	107
КЗО ковбас копчених	15,73	90	107
КЗО м'ясних консерви	29,54	168,8	199
КЗМ м'яса в блоках №1	14,35	114,7	115,1
КЗМ м'яса в блоках №2	18,90	151,2	160,3
КЗМ м'яса в блоках №3	15,35	122,8	129,9
КЗМ м'яса в блоках №4	20,12	201,2	206
КЗМ м'яса в блоках №5	15,69	125,5	129,9

КЗМ м'яса в блоках №6	19,15	153,2	153,2
КДМ м'яса в блоках №1	28,84	240,3	246
КДМ м'яса в блоках №2	28,33	238,4	246
Експедиція	21,36	122	160
Накопичувально- розвантажувальна	10,57	60,4	76,7
Коридор1	19,73	112,7	153
Коридор 2	16,09	92	103

Таблиця 10.3 Технічна характеристика повітроохолоджувач «Позитрон» типу  
□ОП і ВОГ

Марка апарату	Продуктивність		Площа поверхні теплообміну	Витрата повітря	Вентилятор			Габаритні розміри			Внутрішній об'єм	Маса,	
	Сталеве ребро	Алюмінієве ребро			Частота обертання	Споживана потужність	Діаметр	А	Б	В		Сталь	Алюміній
	кВт	кВт	м <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /с	об/хв	кВт	м	мм	мм	мм	м <sup>3</sup>	кг	кг
ВОГ100 050/210	20,4	24,7	115,1	3,89	1500	0,75	0,5	800	1280	1520	0,0264	470	321
ВОГ150 050/210	26,4	32,3	160,3	5,83	1500	0,75	0,5	1010	1280	1520	0,0389	702	478
ВОП 100 080/110	18,3	21,6	102,7	3,89	1000	0,75	0,8	1420	2100	550	0,0239	520	406
ВОП75 080/115	12,8	17,5	76,6	3,89	1000	0,75	0,8	1520	2100	550	0,0264	487	387
ВОП250 063/210	36,3	50,2	246	5,8333	1500	1,1	0,63	2100	2000	990	0,062	980	670
ВОП 100 080/115	19,8	24,4	106,8	5,83	1500	3	0,8	1520	1750	920	0,0368	586	452
ВОП200 080/110	33,7	39,5	199	5,83	1500	3	0,8	1420	2300	920	0,0494	884	617
ВОГ150 050/410	26,4	32,3	160,3	5,8333	1000	0,37	0,5	930	1280	1520	0,0389	708	484
ВОП75 063/110	13,7	17,2	76,7	2,92	1500	1,1	0,63	1520	1570	550	0,0184	402	302
ВОП 150 050/25	18,5	23,8	153,4	3,8889	1500	0,75	0,5	1520	1440	550	0,0184	571	372

Таблиця 10.4 Технічна характеристика повітроохолоджувач «Guentner» типу  
GDS

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Марка апарату	Продуктивність		Площа поверхні теплообміну	Витрата повітря	Рівень звукового тиску	Довжина струменя	Потужність		Габаритні розміри					Внутрішній об'єм	Маса
	$t_0 = -8^{\circ}\text{C}; \Delta t = 8^{\circ}\text{C}$	$t_0 = -2,5^{\circ}\text{C}; \Delta t = 8^{\circ}\text{C}$					Обігрів блоку	Обігрів підлону	L	□	H	E	F		
	кВт	кВт	м <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /с	Дб (1м)	м	кВт	кВт	мм	мм	мм	мм	мм	м <sup>3</sup>	кг
GDS 051A/25	16,9	12,6	129,9	3,5111	71	2x15	7,2	4,2	2530	1565	520	1000	1510	0,031	330
GDS 046 B/210	10,1	7,6	68,3	2,7444	71	2x12	6	3,2	2050	1565	520	800	1510	0,031	241

### 10.3 Розрахунок пластинчастого теплообмінника для охолодження гліколю

ВВ цьому приладі охолоджуємо гліколь від  $+2^{\circ}\text{C}$  до  $-2^{\circ}\text{C}$  при кипінні аміаку  $-8^{\circ}\text{C}$

Таким чином,  $\Delta t_{\text{cp}}$  буде дорівнювати:

$$\Delta t = \frac{t_{\omega 1} - t_{\omega 2}}{\ln\left(\frac{t_{\omega 1} - t_0}{t_{\omega 2} - t_0}\right)} = \frac{2 - (-2)}{\ln\left(\frac{2 - (-8)}{-2 - (-8)}\right)} = 7,83, ^{\circ}\text{C} \quad (10.6);$$

За даних умов приймаємо, коефіцієнт теплопередачі  $k=650\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Необхідна площа теплообміну дорівнює:

$$F_{\text{в}} = Q_{\text{о.б.}} / (k \cdot \Delta t_{\text{cp}}) = 35,82 \cdot 10^3 / (650 \cdot 4) = 13,77. \quad (10.7);$$

Обираємо пластинчастий теплообмінник М6М.00 з площею теплообміну  $13,78 \text{ м}^2$ .

Технічні характеристики М6М.00 наведено у табл. 10.4.

Таблиця 10.4 Технічні дані випарника М6М.00

Показник	Значення
Марка	М6М.00
Площа зовнішньої поверхні, м <sup>2</sup>	13,78
Кількість секцій, шт.	100
Габаритні розміри	
довжина, мм	759
ширина, мм	320
висота, мм	880
Об'єм аміаку, л	36
Маса, кг	216

## 11. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

### 11.1. Лінійний ресивер

Ємність лінійного ресивера в насосно-циркуляційних схемах з верхньою подачею аміаку в прилади охолодження при умові заповнення її не більше ніж 80%:

$$V_{л.р.} = 0,4 \cdot V_{по}; \text{ м}^3 \quad (11.1)$$

$V_{по}$  - внутрішній об'єм труб повітроохолодників

$$V_{л.р.} = 0,4 \cdot 0.613 / 1000 = 0,245 \text{ м}^3;$$

Приймаємо 1 лінійний горизонтальний ресивер 0,75РВ.

Таблиця 11.1 Технічна характеристика ресивера

Марка	0,75РВ
Габаритні розміри, мм	
D x S	630*10
L	3065
Місткість, м <sup>3</sup>	0,78
Маса, кг	553

### 11.2. Циркуляційні ресивери

Ємність циркуляційного ресивера в системах з верхньою подачею холодильного агента в прилади охолодження:

$$V_{цр} = (V_{п.о.} \cdot K_2) \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \quad (11.2)$$

де  $K_2$  - коефіцієнт заповнення труб повітроохолоджувачів;

$K_3$  - коефіцієнт кількості аміаку, який викидається з приладів охолодження;

$K_4$  - коефіцієнт місткості колекторів і трубопроводів;

$K_5$  - коефіцієнт робочого заповнення ресиверів для забезпечення стійкої роботи

насосів;

$K_6$  - коефіцієнт допустимого заповнення ресиверів;

$K_7$  - коефіцієнт запасу місткості.

Всі коефіцієнти приймаються по таблиці 5.20 ([2] с. 129).

1) Компаундний циркуляційний ресивер ( $t_0 = -8 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$$V_{ц.р.-8} = (0.3044 \cdot 0.5) \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1.25 \cdot 1.25 \cdot 1.2 = 0.342 \text{ м}^3;$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки 0,75РД

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					64

00.КР.142.009.003.ПЗ

2)Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -28 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$$V_{ц.р.-28} = (0.2154 \cdot 0.5) \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1.25 \cdot 1.25 \cdot 1.2 = 0.242 \text{ м}^3 ;$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки 0,75РД

3)Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$$V_{ц.р.-40} = (0.124 \cdot 0.5) \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1.25 \cdot 1.25 \cdot 1.2 = 0.14 \text{ м}^3 ;$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки 0,75РД

Таблиця 11.2 Технічна характеристика ресивера 0,75РД

Марка	0,75РД
Габаритні розміри, мм	
D	600
L	3020
Загальний об'єм, м <sup>3</sup>	0,77
дренажний	50

### 11.3. Дренажний ресивер

Вибір дренажного ресивера здійснюємо з розрахунку, що при умовному заповненні не більше ніж на 80% він вміщував рідкий аміак із будь-якого апарату або найбільш аміакоємних повітроохолоджувачів. Підбираємо по циркуляційному ресивері.

Таблиця 11.3 Технічна характеристика ресивера 1.5РД

Марка	1,5РД
Габаритні розміри, мм	
D	820
L	3678
Місткість, л	1656
Діаметр патрубків, мм	
урівнююча лінія	25
вхід для рідини	50
вихід рідини	50
Злив мастила	10

#### 11.4. Мастиловіддільник

Мастиловіддільники підбирають по діаметру нагнітального трубопроводу КМ та встановлюють за компресором на лінії нагнітання.

Для компресорів ,що працюють на температуру -40 і -28 підбираємо по масловіддільнику моделі ASS – 0.5 виробництва "Güntner ".

Таблиця 11.4 Технічна характеристика масловіддільника моделі ASS-0.5

Аміачні мастиловіддільники	Розміри, мм			Об'єм, м <sup>3</sup>	Маса, кг	Вхід парів з мастилом,мм
	D	H	S			
ASS-0.5	273	1488	8	0.060	118	50

Для компресорів що працюють на температуру -8 підбираємо по масловіддільнику фірми Bitzer моделі OAS1055

Таблиця 11.5 Технічна характеристика масловіддільника фірми Bitzer моделі OAS1055

Аміачні мастиловіддільники	Розміри, мм			Об'єм, м <sup>3</sup>	Маса, кг
	D	H	S		
OAS1055	159	400	95	0.033	30

#### 11.5. Мастилозбірник

Визначається числом, розміром та розміщенням обслуговуваних апаратів.

В якості мастилозбірника приймаємо 60МЗС. Об'єм 80 л. Розміри, мм: D=325, H=1280.

Таблиця 11.6 Технічна характеристика маслозбірника

Мастилозбірник	Розміри, мм		Об'єм, л	Маса, кг
	D	H		
60МЗС	325	1280	80	до 85

## 12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

Метою гідравлічного розрахунку є визначення втрат тиску  $\Delta P$ , зумовлених гідравлічними опорами, що виникають при русі робочого середовища в трубах та теплообмінних апаратах. Значення величини  $\Delta P$  необхідні для визначення потужності насосів, а також для вибору раціональних конструктивних характеристик апаратів та оптимізації їх режимів роботи. Надмірний гідравлічний опір призводить до зменшення тиску всмоктування і відповідно температури кипіння, що зменшує економічність роботи холодильної машини. Для насосно-циркуляційних систем охолодження розрахунок гідравлічних опорів необхідний для визначення характеристики мережі залежно від витрати холодоагенту та його розподілення, для підбору насоса і розрахунку потужності привода.

Загальні гідравлічні опори при проходженні в трубі або апараті киплячої рідини (тобто двофазного потоку) складаються з втрат тертя ( $\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$ ) та місцевих опорів ( $\Delta P_{м}^{\partial\phi}$ ).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_{м}^{\partial\phi}, \text{ Па} \quad (12.1)$$

Насоси, що перекачують рідину при температурах насичення, повинні працювати під зливом, і висота підпору стовпа рідини має компенсувати розрідження при вході в робоче колесо, втрати напору на всмоктувальній трубі, швидкісний напір на вході в робоче колесо, а також кавітаційний запас.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.} + \rho \cdot g \cdot h; \text{ Па} \quad (12.2)$$

де  $\Delta P_{тр}$  - втрати тиску, що витрачається на подолання тертя в трубах.

$\Delta P_{м.с.}$  - втрата тиску, що витрачається на подолання місцевих опорів.

$h=5$ - висота підйому холодоагенту, м.

$$\Delta P_{тр.} = \frac{\lambda_{тр.}}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \cdot l; \text{ Па} \quad (12.3)$$

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$\Delta P_{m.c.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}; \text{ Па} \quad (12.4)$$

де  $\lambda_{mp}$  - коефіцієнт тертя в нагнітальному трубопроводі

$d$  - діаметр нагнітального трубопроводу, мм

$\rho$  - густина аміаку в нагнітальному трубопроводі, кг/м<sup>3</sup>

$\omega$  - швидкість фреону в нагнітальному трубопроводі, м/с

$l$  - довжина трубопроводу, м

$\sum \xi_m$  - сума місцевих опорів.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}}; \text{ м} \quad (12.5)$$

З цього рівняння знайдемо швидкість в напірному та зворотному трубопроводах насосно-циркуляційної системи подачі

$$\omega = \frac{4 \cdot M}{\rho \cdot \pi \cdot d_{вн}^2} \text{ м/с} \quad (12.6)$$

де  $M$  - маса аміаку, що подається через даний трубопровід  $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$M = n_q \cdot m, \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (12.7)$$

де  $n_q = 5$  - кратність циркуляції

$m$  - маса аміаку, що випаровується у повітроохолодниках  $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$\rho$  - густина аміаку в нагнітальному трубопроводі (густина двофазної суміші в зворотному трубопроводі)  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

### 12.1. Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Окремі частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою [1]:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \times M}{\pi \times \rho \times \omega}};$$

Розрахункові швидкості  $w$  – наведені в табл. 16.3. [1].

									Арк.
									68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				

1) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -40^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,06 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{10} = 1/1,6 = 0,625 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,06}{\pi \times 0,625 \times 16}} = 0,087, \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 100 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,06 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{11} = 1/0,5 = 2 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,06}{\pi \times 2 \times 20}} = 0,044 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 50 \text{ мм}$ ;

2) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -28^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,085 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_5 = 1/0,92 = 1,08 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,085}{\pi \times 1,08 \times 16}} = 0,079 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 80 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,085 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_6 = 1/0,449 = 2,22 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,085}{\pi \times 2,22 \times 20}} = 0,049 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 50 \text{ мм}$ ;

3) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -8^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,165 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_1 = 1/0,395 = 2,53 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,165}{\pi \times 2,53 \times 16}} = 0,072 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 80 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,165 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_2 = 1/0,11 = 9 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,165}{\pi \times 9 \times 20}} = 0,034 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 40 \text{ мм}$ ;

4) Рідинна лінія.

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Розрахункова швидкість на напірній лінії  $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 0,5 \text{ м/с}$ .

Витрату аміаку приймаємо  $M = 0,165 \cdot \text{кг/с}$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times M}{\pi \times \rho \times \omega}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,165}{3,14 \times 592 \times 0,5}} = 0,0267 \text{ м};$$

Приймаємо  $d_y = 32 \text{ мм}$ .

Для знаходження внутрішнього діаметра трубопроводів від циркуляційних насосів до випарників потрібно також у формулі врахувати кратність циркуляції насоса 5 – 10;

5) Трубопровід від циркуляційних насосів до випарників, що працюють на температуру кипіння  $t_0 = -40^\circ\text{C}$  :

$$M = 0,06 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = 690 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$\omega = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – задаємося по таблицях.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,06 \times 5}{3,14 \times 690 \times 0,5}} = 0,033 \text{ м}$$

Приймаємо трубу  $d_y = 32 \text{ мм}$  ;

6) Трубопровід циркуляційних насосів до випарників, що працюють на температуру кипіння  $t_0 = -28^\circ\text{C}$  :

$$M = 0,085 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = 676 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$\omega = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – задаємося по таблицях.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,085 \times 5}{3,14 \times 676 \times 0,5}} = 0,04 \text{ м}$$

Приймаємо трубу  $d_y = 40 \text{ мм}$  ;

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7) Трубопровід від циркуляційних насосів до випарників, що працює на температуру кипіння  $t_0 = -8^\circ\text{C}$  :

$$M = 0,165 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = 650 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$\omega = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - задаємося по таблицях.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,165 \times 5}{3,14 \times 650 \times 0,5}} = 0,057 \text{ м}$$

Приймаємо трубу  $d_y = 70 \text{ мм}$  ;

## 12.2 Підбір насосів

1) Аміачний насос для температури кипіння  $t_0 = -40^\circ\text{C}$  .

Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до технологічного обладнання.

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів згідно таблиці літ.1 ст.153

зворотний клапан  $\xi = 6$

вентиль запорний (2шт.)  $\xi = 2 \cdot 0,5 = 1$

коліно  $90^\circ$  (3 шт.)  $\xi = 3 \cdot 0,5 = 1,5$

фільтр рідинний  $\xi = 5$

вентиль соленоїдний  $\xi = 9$

вентиль регулюючий  $\xi = 12$

$$\sum \xi_{,m} = 6 + 1 + 2 + 5 + 9 + 12 = 34,5$$

$\omega = 0,5 \text{ м/с}$ ;

$$Z = 34,5 \times \frac{690 \times 0,5^2}{2} = 2976 \text{ Па};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{вн}} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,032 \times 690}{29 \times 10^{-3}} = 380,69; \quad \text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \times \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left( \frac{0,06}{32} + \frac{64}{380,69} \right)^{0,25} = 0,071;$$

						00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			71

Втрати тиску від тертя по довжині 1м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,071}{0,032} \times \frac{690 \times 0,5^2}{2} = 191,3 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 10\text{м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \times l = 191,3 \times 10 = 1913 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 2976 + 1913 = 4889 \text{ Па}.$$

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \cdot g} = 5 + \frac{4889}{690 \cdot 9,81} = 5,72 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ш}} \cdot \sum \frac{M_{\text{км}(-40)}}{\rho_{-40}} = 5 \cdot \frac{0,06}{690} = 0,00043 \text{ м}^3 / \text{с} = 1,548 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки Hermetic SAM 1/2.

Таблиця 12.1 Технічна характеристика насоса марки SAM1/2

Марка насоса	SAM1/2
Максимальна продуктивність, м <sup>3</sup> /год	3,5
Частота обертання, об/хв	2800
Маса, кг	27
Потужність, кВт	1

2) Аміачний насос для температури кипіння  $t_0 = -28^\circ\text{C}$

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів згідно таблиці літ.1 ст.153

зворотний клапан  $\xi = 6$

вентиль запорний (4шт.)  $\xi = 4 \cdot 0,5 = 2$

коліно 90° (4 шт.)  $\xi = 4 \cdot 0,5 = 2$

фільтр рідинний  $\xi = 6$

вентиль соленоїдний  $\xi = 10$

вентиль регулюючий  $\xi = 12$

$$\sum \xi_m = 6 + 2 + 2,5 + 6 + 10 + 12 = 38;$$

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 38 \times \frac{676 \times 0,5^2}{2} = 3211 \text{ Па};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{вн}} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,04 \times 676}{29 \times 10^{-3}} = 466,2; \quad \text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \times \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left( \frac{0,06}{40} + \frac{64}{466,2} \right)^{0,25} = 0,067;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,067}{0,04} \times \frac{676 \times 0,5^2}{2} = 141,5 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 60 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{\text{мп}} = R \times l = 141,5 \times 60 = 8490 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 8490 + 3211 = 11170 \text{ Па}.$$

Потрібний напір насоса:

$$H = 5 + \frac{\Delta P_{\text{мп}}}{\rho \cdot g} = 5 + \frac{11170}{676 \cdot 9,81} = 6,684 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-28)}}{\rho_{-28}} = 5 \cdot \frac{0,085}{676} = 0,000628 \text{ м}^3 / \text{с} = 2,261 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки Hermetic SAM 1/2.

Таблиця 12.2 Технічна характеристика насоса марки SAM1/2

Марка насоса	SAM1/2
Максимальна продуктивність, м <sup>3</sup> /год	3,5
Частота обертання, об/хв	2800
Маса, кг	27
Потужність, кВт	1

3) Аміачний насос для температури кипіння  $t_0 = -8^\circ\text{C}$

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів згідно таблиці літ.1 ст.153

зворотний клапан  $\xi = 6$

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

вентиль запірний (6шт.)  $\xi = 6 \cdot 0,5 = 3$

коліно 90° (8 шт.)  $\xi = 8 \cdot 0,5 = 4$

фільтр рідинний  $\xi = 6$

вентиль соленоїдний  $\xi = 9$

вентиль регулюючий  $\xi = 12$

$$\sum \xi_m = 6 + 3 + 4 + 6 + 9 + 12 = 40; \quad \omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 40 \times \frac{650 \times 0,5^2}{2} = 3250 \text{ Па}; \quad \text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{ен}} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,07 \times 650}{29 \times 10^{-3}} = 784,4; \quad \text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \times \left( \frac{k}{d_{\text{ен}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left( \frac{0,06}{70} + \frac{64}{784,4} \right)^{0,25} = 0,059;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,059}{0,07} \times \frac{650 \times 0,5^2}{2} = 68,4 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 96 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{\text{мп}} = R \times l = 68,4 \times 96 = 6566 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 6566 + 3250 = 9816 \text{ Па}.$$

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{мп}}}{\rho \cdot g} = 5 + \frac{9816}{650 \cdot 9,81} = 6,539 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-45)}}{\rho_{-45}} = 5 \cdot \frac{0,160}{650} = 0,00127 \text{ м}^3 / \text{с} = 4,6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки Hermetic SAM (R) 2/2.

Таблиця 12.3 Технічна характеристика насоса марки SAM (R) 2/2.

Марка насоса	SAM (R) 2/2.
Максимальна продуктивність, м <sup>3</sup> /год	10
Частота обертання, об/хв	3000
Маса, кг	48
Потужність, кВт	3

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.009.003.ПЗ				74

### 13. Охорона праці

Обладнання, що знаходиться в машинному відділенні:

Назва обладнання	Кількість
1. Компресор	7 шт
2. Пластинчатий випарник	1 шт
3. Лінійний ресивер	1 шт
4. Циркуляційний ресивер	2 шт
5. Компаундно-циркуляційний ресивер	1 шт
6. Насос	9 шт

#### Аналіз роботи холодильної установки за технічною документацією

Аналізують роботу за температурним режимом та техніко-економічними показниками. Для аналізу за температурним режимом співставляють розрахункові різниці температур усіх апаратів та елементів холодильної установки з фактичними, середньодобовими, середньомісячними змінними. Аналітичному вивченню підлягають усі показники температурного режиму, при цьому особливу увагу звертають на різниці температур у випарній системі, конденсаторі та переохолоджувачі. Зниження температури кипіння та підвищення температури конденсації і переохолодження відносно оптимальних їх значень, які відповідають початковій температурі камер та охолоджувальної води, свідчать про забрудненість апаратів або неправильне їх обслуговування.

Температури всмоктування та нагнітання здебільшого характеризують якість обслуговування: правильність регулювання подачі агента у випарну систему, точність налагодження приладів, автоматичного керування тощо.

#### Холодоагент

Склад і ступінь забруднення повітряного середовища різними речовинами оцінюється по масі (мг) в одиниці об'єму повітря ( $m^3$ ) – концентрації (С,  $mg/m^3$ ). Крім одиниці виміру -  $mg/m^3$ , можуть використовуватися - %, а також – млн-1 чи “ppm” (кількість часток речовини на мільйон часток повітря).

Аміак – безкольоровий газ з задушливим різким запахом четвертого класу небезпечності (ГОСТ 12.1.005 – 76), суміш парів якого з повітрям являється

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

вибухонебезпечною. Гранично допустима концентрація аміаку у повітрі в робочій зоні не повинна перевищувати 20 мг/м<sup>3</sup>.

Аміак навіть при незначних концентраціях має попереджувальний запах і робить дратівливі дії на очі і слизисті оболонки носоглотки. Рідкий аміак викликає опіки шкіри, велику небезпеку представляє попадання аміаку в очі.

### **Техніка безпеки на підприємстві**

На підприємстві наказом керівника призначаються відповідальні особи із числа інженерно – технічних робітників, які пройшли в установленому порядку перевірку знань правил з ОП, в тому числі, по нагляду за технічним станом і безпечною експлуатацією холодильної установки і дотримання вимог встановлених правил.

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

- по експлуатації холодильних установок – для машиністів;
- по автоматизації холодильних установок – для слюсарів по КВП і автоматизації.

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

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

Холодильна установка обслуговується одним машиністом в зміну.

Інструктаж по ОП обов'язковий для всіх, хто поступив на роботу і працюючих, не залежно від їх стажу і кваліфікації.

Періодичну перевірку знань персоналом інструкцій обслуговування холодильної установки, техніці безпеки, експлуатації обладнання і практичним діям надання до лікарської допомоги проводять не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів по холодильній техніці, електротехніці,

									Арк.
									76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

приладах автоматики і техніці безпеки.

Перевірку знань з техніки безпеки у керуючих і інженерно-технічних робітників здійснюють у відповідності з “Положенням про порядок перевірки знань, правил і норм по охороні праці керуючих, інженерно-технічних робітників і спеціалістів.”

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

- експлуатації холодильної системи (охолодного обладнання);
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання до лікарської допомоги при виникненні аварійної ситуації і т.д.);
- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувальних ремонтів;
- схеми хладонових, рідинних, масляних і водяних трубопроводів
- із пронумерованою (у них і відповідно в натурі) запірною арматурою і приладами автоматики (затверджені головним інженером);
- показчики перебування засобів індивідуального захисту;
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, найближчої військової частини, начальника компресорного цеху (домашній телефон);
- номери телефонів і адреса організацій, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

Для надання до лікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка, в якій міститься: 1% р-н новокаїну, кодеїн, марлеві салфетки, етиловий спирт, бинти, вата, мазь Вишневського, йод.

					00.KP.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

## Розміщення обладнання та системи трубопроводів

### Розміщення обладнання.

Від розташування обладнання залежить зручність і безпека обслуговування, а також ремонт машин та апаратів. Крім цього, розташуванням обладнання визначаються розміри машинних та апаратних відділень холодильних установок.

Машинні та апаратні відділення *аміачних холодильних установок* розташовують в одноповерхових спорудах, змонтованих на корпусі холодильника, а також в окремих приміщеннях центральних холодильних станцій при обслуговуванні декількох споживачів холоду.

У машинному відділенні аміачної установки передбачають не менше двох виходів, один з яких — безпосередньо назовні. Ззовні, поряд з виходами з машинного відділення встановлюють кнопки аварійного відключення, які здійснюють негайну зупинку компресорів та pomp при вибухонебезпечній обстановці чи аварійному стані. Одночасно з відключенням обладнання ці кнопки повинні автоматично включати аварійну вентиляцію.

Висота машинних відділень для аміачних холодильних установок повинна бути не менше 4,8 м, висота апаратних відділень — не менше 3,6 м. При розрахунку висоти приймають до уваги висоту обладнання, можливість ведення ремонтних робіт, використання вантажно-підіймальних механізмів та інші фактори.

Компресори та апарати *холодильних установок*, як правило, розташовують у машинних відділеннях висотою 8,6 м. Машинні відділення розміщують на будь-якому поверсі або в підвалі.

Кількість холодильного агента в установках, розташованих у машинних відділеннях, не обмежується. Двері машинного відділення повинні виходити зовні або в коридор і відчинятися у бік виходу.

У деяких випадках будівництво спеціального машинного відділення недоцільно. Тому допускається розташування холодильних установок разом з іншим технологічним обладнанням за умови, що тут знаходиться

									Арк.
									78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.КР.142.009.003.ПЗ

персонал, який пройшов інструктаж з правил безпеки на холодильних установках. В одному приміщенні з установками забороняється розташовувати апарати і прилади з відкритим вогнем або з нагрітими зовнішніми поверхнями, температура яких перевищує 350 °С.

Важливе значення при проектуванні холодильних установок має підбір розмірів проходів у машинному відділенні.

У машинних відділеннях холодильних установок передбачають проходи шириною не менше таких величин: основний прохід між компресорами, а також проходи між виступаючими частинами машин і щитами з контрольно-вимірювальними приладами або електрощитами холодильних установок — 1,5 м; прохід між виступаючими частинами компресора — 1,0 м; прохід між гладкою стінкою та компресором — 0,8 м.

Допускається встановлення апаратів біля стін без проходів у випадку, якщо немає необхідності обслуговування апаратів зі сторони стіни. Між ізольованими апаратами та стінкою слід залишати відстань, необхідну для встановлення теплової ізоляції. Апарати, які вимагають огляду і постійного обслуговування на висоті вище 1,8 м, обладнують спеціальними майданчиками, драбинами для безпеки монтажних робіт і безпеки працюючих (сходи, драбини, ліси, підмостки та ін.), повинні задовольняти вимогам ГОСТ 12.2.012-75 "Приспособления по обеспечению безопасного производства работ. Общие требования". Майданчики і драбини огорожують перилами висотою не менше 1,0 м.

Майданчики довжиною більше 6 м обладнують двома драбинами, розташовуючи їх з різних боків.

Розподільну арматуру холодильних камер та інших споживачів холоду рекомендується розташовувати не вище 1,8 м від рівня підлоги.

### **Розміщення трубопроводів.**

При проектуванні слід намагатися скоротити довжину трубопроводів, особливо ізольованих, шляхом їх розведення. Трубопроводи від компресорів при верхньому розведенні повинні направлятися до глухої стінки, вздовж якої

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

розташовуються магістральні труби, що надає змогу уникнути затемнення вікон.

Трубопроводи холодильних установок повинні мати можливість вільного температурного видовження, що досягається установкою спеціальних кріплень і компенсаторів. Проектування теплової ізоляції трубопроводів і арматури повинне здійснюватися відповідно до діючих СНиП 2.04.14-88 "Тепловая изоляция оборудования трубопроводов".

Не допускається розміщення трубопроводів, арматури та апаратів у шахтах підйомників. У місцях можливого пошкодження обладнання та трубопроводи слід огороджувати. *Аміачні* всмоктувальні та нагнітальні

трубопроводи компресорів приєднують до загальної магістралі зверху, щоб у трубопроводах непрацюючих компресорів не нагромаджувалось мастило і рідкий аміак.

Прокладка аміачних трубопроводів нових установок у підземних каналах забороняється. Не дозволяється прокладати трубопроводи до охолоджувальних приладів через вантажний об'єм холодильних камер, щоб запобігти пошкодженню труб вантажами чи транспортними засобами.

Запобіжні клапани встановлюють для попередження руйнування компресорів і апаратів при підвищених тисках.

Розмір прохідних перерізів пружинних запобіжних пристроїв визначається відповідно до ГОСТ 12.2.085-82 "Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные».

При підвищенні різниці тисків нагнітання та всмоктування компресора запобіжний клапан з'єднує всмоктувальну та нагнітальну порожнини. При підвищенні тиску в апараті запобіжний клапан з'єднує апарат з атмосферою.

Запобіжний клапан компресора встановлюють на нагнітальній стороні між циліндрами та запірним вентилям або суміщають з бай пасом. Запобіжні клапани компресорів повинні відкриватись при різниці тисків: для аміаку — 1,6 МПа.

									Арк.
									80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

Більшість холодильних поршневих компресорів мають конструктивний захист від руйнування при попаданні невеликої кількості рідкого холодильного агента в циліндри — кришку безпеки, яка і представляє собою нагнітальний клапан і відкривається при тиску в циліндрі вище від тиску нагнітання не більше ніж на 0,3 МПа.

Запобіжні клапани встановлюють на апаратах, працюючих під тиском, які можуть бути відділені від інших частин холодильної установки запірними вентилями. До таких апаратів відносяться конденсатори, ресивери, проміжні посудини, кожухотрубні випарники, барботажні мастиловідділювачі, льодогенератори та ін.

Труби, які відводять від запобіжних клапанів аміак, об'єднують у загальну відвідну трубу і виводять на 1 м вище від перекриття найвищої в радіусі 50 м споруди.

Поперечний перетин відвідної труби повинен бути не менше 50 % від суми перетинів окремих відвідних труб при кількості відвідних труб не більше чотирьох.

Запобіжні клапани установок, які містять R-717 у кількості більшій, ніж 0,5 кг/м<sup>3</sup> повинні мати відвідні труби для виведення холодильного агента зовні. Запобіжні клапани на апаратах встановлюють з перемикаючими трьохходовими вентилями.

Конструкція перемикаючого вентиля надає змогу здійснювати зупинку апарата у випадку перевірки або ремонту запобіжних клапанів.

Встановлення звичайного запірного вентиля між запобіжним клапаном та апаратом заборонене. Клапани приєднують до парової порожнини апарата вище рівня рідини. Запобіжні клапани випробують на відкриття при встановлених тисках, ковпаки та запобіжні пристрої клапанів пломбують. Запобіжні клапани, встановлені на компресорах, перевіряють не рідше одного разу на 12 місяців; а на апаратах — не рідше одного разу на 6 місяців.

									Арк.
									81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

Зворотні клапани на нагнітальних трубопроводах компресорів призначені для усунення зворотного потоку холодильного агента в компресор під час його зупинки чи аварії.

На аміачних холодильних установках зворотні клапани встановлюють на нагнітальних трубах кожного компресора, а також на кожній нагнітальній магістралі. В установках з барботажними мастиловідділювачами зворотні клапани монтують до них.

Аміачні манометри і мановакуумметри (ГОСТ 2405-80) треба застосовувати класу точності не нижче 2,5 (ГОСТ 8625-77) і встановлювати так, щоб була виключена їх вібрація, а їх свідчення були б виразно видні; циферблат має бути розташований у вертикальній площині або з нахилом вперед до 30град. Манометри встановлюють на кожній нагнітальній магістралі холодильної установки, мановакуумметри — на кожній всмоктувальній.

Компресори обладнують манометрами та мановакуумметрами для контролю тисків нагнітання, всмоктування, у системі змащування і у картері компресорів. У багатоступеневих установках встановлюють манометри для визначення проміжних тисків. Манометри та мановакуумметри встановлюють також на центральній манометровій станції, на апаратах, помпах та колекторах.

### **Автоматичний захист холодильних установок**

Експлуатація компресорів, особливо аміачних, для запобігання аварій та нещасних випадків вимагає дотримання правил безпеки.

Причинами аварій можуть бути: гідравлічні удари, перевищення допустимих тисків та температур нагнітання, недопустиме зниження тиску в системі змащування, припинення подачі води до охолоджувальної сорочки компресора, зниження температури кипіння в кожухотрубних випарниках нижче від температури замерзання холодоносія.

Будова надійного автоматичного захисту компресорів від гідравлічних ударів та небезпечних режимів роботи є предметом постійної уваги при проектуванні холодильних установок. Автоматичні прилади захисту

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82



допомогою реле потоку, яке відключає компресор при зниженні подачі води до кількості, що дорівнює 30 % від нормальних витрат.

Реле потоку встановлюють на зливній водопровідній лінії з охолоджувальних сорочок циліндрів компресорів. Після реле встановлюють зливну лійку і виконують розрив трубопроводу, що надає змогу здійснити візуальний контроль протікання води і перевірити її.

Захист від підвищеної температури нагнітання захищає компресор від порушення умов змащування циліндрів, перегрівання та виходу з ладу робочих клапанів. Підвищена температура нагнітання виникає при високому ступені стискання, високій температурі всмоктувальних парів, поломці пластин нагнітальних клапанів, при недостатньому охолодженні циліндрів компресорів. Захист виконується відключенням компресора за допомогою реле температури, термочутливий елемент якого встановлений на нагнітальному трубопроводі або у нагнітальній порожнині циліндрів компресорів.

Реле реагує на температуру 135°C горизонтальних тихохідних аміачних компресорів та 160 °C — вертикальних та опозитних компресорів.

Не можна намагатися знизити температуру нагнітання вбрикуванням рідкого холодильного агента у всмоктувальний трубопровід або переповненням випарної системи. Зниження температури нагнітання таким чином може призвести до гідравлічного удару.

Захист кожухотрубних випарників автоматично зупиняє компресор або випарник у випадку припинення руху води чи розсолу. Для відключення електродвигуна компресора застосовують прилади захисту типу реле витрат, для відключення випарника від всмоктувального трубопроводу — соленоїдні вентиля.

В данному дипломному проекті розроблено та спроектовано м'ясокомбінат у м.Рівне з аміачною установкою, машинне відділення якої розміщується в окремому приміщенні від камер зберігання продуктів.

### **Освітлення виробничих приміщень.**

Правильно виконане раціональне освітлення промислових підприємств має важливе значення для виконання всіх видів робіт. Світло є важливим

					<i>00.KP.142.009.003.P3</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

стимулятором не тільки зорового аналізатора, але й організму в цілому. Для людини день і ніч, світло і темрява визначають біологічний ритм - бадьорість та сон. Отже, недостатня освітленість або її надмірна кількість знижує рівень збудженості центральної нервової системи і, природна, активність усіх життєвих процесів. Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничих травм.

Таким чином, вимоги, які ставляться до раціонального освітлення:

- достатня освітленість робочого місця (нормована);
- рівномірне освітлення, відсутність тіней, особливо рухомих, на робочій поверхні;
- захист від сліпучої дії джерела світла;
- вірний вибір напрямку світла.

Все це сприяє підтримці високого рівня працездатності та зберігає здоров'я людини, скорочує випадки травматизму. За своєю природою світло - це видиме випромінювання електромагнітних хвиль довжиною від 380 до 780 нм. В залежності від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів:

- Природне освітлення прямим або відбитим світлом сонця (небосхилу) через світлові прорізи в зовнішніх відгороджуваних конструкціях приміщень.
- Штучне освітлення, призначене для освітлення в темні години доби або в приміщеннях, де немає природного світла. Здійснюється електричними джерелами світла (лампи розжарювання або газорозрядні).
- Сполучене освітлення характеризується одночасним поєднанням природного та штучного освітлення в світлі години доби.

Світильники складаються із джерела світла та арматури. Арматуру призначено для спрямування світлового потоку, захисту очей від блискучості, запобігання забрудненню джерела світла та його пошкодженням. Світильники класифікують за розподіленням світлового потоку в робочій зоні та захистом від факторів навколишнього середовища. За напрямком світлового потоку вони

									Арк.
									85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.KP.142.009.003.ПЗ

поділяються на світильники: прямого світла - випромінювання (не менше 80%) світлового потоку, спрямованого на робочу поверхню; відбитого світла - робоча поверхня освітлюється відбитим світлом стелі та стін (більше 80%); напіввідбитого світла (40...60% світлового потоку, що освітлює робочу поверхню- відбито).

За ступенем захисту від навколишнього середовища світильники поділяються на:

- пилонезахищені (відкриті);
- пило захищені та пилонапроникні; водозахищені (від попадання крапель вологи зверху);
- водонепроникні або герметичні (навіть при зануренні у рідину);
- вибухозахищені(для вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщень, наприклад, цех ректифікації спирту);
- підвищеної надійності проти вибуху

Однією із характеристик світильника є його захисний кут, у межах якого око людини захищене від сліпучої дії джерела світла. Величина захисного кута має бути не менше 15°. Для загального освітлення застосовують дволампові чи чотирилампові світильники типу ШОД, ЛОУ, ВЛВ, ВЛК, ПВЛ для газорозрядних ламп або з лампами розжарювання типу Універсаль У, Люцетта ЛЦ . Будь-який вид освітлення може раціонально використовуватись за умов систематичного догляду, правильної експлуатації та контролю освітленості на робочих місцях не менше одного разу на рік. В залежності від специфіки цехів складаються графіки перевірки стану віконного скла, світильників, електроарматури, їх очищення та миття. Внаслідок тривалої експлуатації ламп їх світловий потік знижується до 25%. Такі лампи треба своєчасно замінювати. Забороняється встановлення світильників, до комплекту яких входять неоднотипні газорозрядні лампи, а також такі, що мають різний спектр та величину світлового потоку.

Очищення світильників належить проводити не менше одного разу на три місяця. Очищення шибок світлових прорізів проводиться не рідше двох разів на рік для приміщень із незначним виділенням пилу і не менше чотирьох разів із

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

значним виділенням пилу. Основним приладом для контролю та вимірювання освітленості на робочих місцях є люксметри типу Ю-16, Ю-17, Ю-116, Ю-117. Вони відрізняються границями вимірювання та оформленням. Для автоматичного контролю освітленості на робочих місцях встановлюються фотодіоди ФД, які вказують на недостатню освітленість.

### **Шум на виробництві**

Шум – це найбільш розповсюджене явище на промислових підприємствах.

Нажаль, на проблему підвищених рівнів шуму на виробництві не завжди звертають увагу через те, що негативний ефект від шуму не є таким очевидним. Робітники, у яких розвивається процес втрати слуху, можуть і не підозрювати про це до тих пір, поки ця проблема не набуде характеру незворотної фізичної вади. На відміну від травм, що викликаються миттєво надзвичайно високими рівнями шуму (наприклад, від вибуху), втрата слуху від звичайних виробничих шумів відбувається дуже повільно. Підвищений шум на робочих місцях може негативно позначатися на здатності робітників виконувати свої виробничі завдання.

Загалом людина здатна нормально виконувати якісь прості рутинні завдання навіть при рівнях шуму у 130 – 140 дБ (вплив шуму ще вищого рівню може викликати порушення в роботі опорно-рухового апарату та зору людини). Щодо виконання складніших завдань, які потребують концентрації та уваги персоналу, шуми з інтенсивністю більше 95 дБ можуть бути причиною виробничого браку, травм, виходу з ладу обладнання тощо. А виконання кваліфікованої роботи високої точності та концентрації може бути проблематичним навіть при рівнях шуму 80 – 85 дБ. Переривисті імпульсні шуми є більш дезорганізуючими, ніж постійні шуми. Шуми дратують менше, якщо людина здатна контролювати джерело походження шуму. Негативний вплив шуму на людину може продовжуватись і після припинення шуму. Зазвичай це виявляється у підвищеній дратівливості й агресивності. Окрім того, проведені дослідження показують, що шумні умови праці можуть бути причиною таких захворювань, як підвищений артеріальний тиск та безсоння. Розвиток серцево-судинних та виразкової хвороб може бути тісно пов'язане з постійною роботою в умовах шумного виробництва.

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Заходи боротьби з виробничим шумом можна розділити на забезпечення захисту колективного усіх співробітників підприємства та індивідуального кожного з працюючих. Пріоритетним напрямком завжди є колективний захист, який може включати такі заходи, як, наприклад, своєчасне обслуговування та заміна механізмів, що не працюють як належне, інкапсуляція шумного обладнання, встановлення екранів для поглинання шуму тощо. Якщо заходи щодо забезпечення колективного захисту не дають бажаного результату, необхідно забезпечити індивідуальний захист кожного з працюючих.

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 14. Розрахунок економічних показників

### Вступ

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

### Вхідні дані

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	$P_{ел}$ , кВт	$\Sigma P_{ел}$ , кВт	Рік, тис. кВт·год
1	YORK SMO марки СМО 26	2	15	30	135
2	YORK серії СМО 36	1	15	15	67,5
3	GEA насос марки NH3F3	3	30	30	135
4	Насос водяний	1	0,75	0,75	3,38
5	Насос водяний DWO 150	1	1,1	1,1	4,95
6	Насос аміачний	4	5,5	5,5	24,75
7	Насос аміачний	2	2,2	4,4	19,8
8	□ОГ 100 050/210	2	0,73	1,46	19,71
9	GDS 051A/25	1	0,84	0,84	3,36
10	□ОП 100 080/110	2	0,73	1,46	6,56
11	GDS 046B/210	2	0,84	1,68	6,72
11	Вентилятор випарного конденсатора	2	4	8	36
12	□ОП 75 080/115	2	0,73	1,46	5,56
13	□ОП 250 063/210	2	0,73	1,46	5,56
14	□ОП 100 080/125	9	0,73	6,57	39,42

**Річна витрата електроенергії**

**423,77**

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:  $N = P_{ел} \times n$

Де  $n$  – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 4500 год.

$P_{ел}$  – електрична потужність компресора, насоса, вентилятора тощо.

**Таблиця 14.2**

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн			Загальні витрати, тис. грн
		Придбання	Монтаж	Інші витрати	
YORK SMO марки СМО 26	2	1000	200	100	1300
YORK серії СМО 36	1	700	140	70	910
GEA □оск марки NH3F3	3	1200	240	120	1560
□ОГ 100 050/210	6	1200	120	60	1380
GDS 051A/25	4	860	92	46	998
□ОП 100 080/110	16	3200	264	132	3598
GDS 046B/210	2	430	120	60	610
□ОП 75 080/115	2	400	120	60	580
Насос аміачний	2	100	20	10	130
Насос аміачний	4	160	32	16	208
Випарний конденсатор □altimore VXC 36	3	750	150	75	975
Водяний насос		14	2,8	1,4	18,2
Лінійний ресивер 0,75РД	3	360	72	36	468
Градижня ЭКА 300	1	100	20	10	130
Циркуляційний ресивер 1,5РДВ	1	150	30	15	195
Циркуляційний ресивер 1,5РДВ	1	150	30	15	195
Циркуляційний ресивер 0,75 РВ	1	100	20	10	130
Дренажний ресивер 0,75 РД	1	150	30	15	195
<b>Разом</b>		<b>7314</b>	<b>1462,8</b>	<b>731,4</b>	<b>9508,2</b>

Витрати на монтаж приймаємо 20% від вартості обладнання. Інші витрати складають 10% від вартості обладнання.

									Арк.
									90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

Розрахунок витрат на будівництво холодильника приведено в табл. 14.3

№ п/п	Назва	Розмірність	Зовнішня стіна	Внутрішня стіна	Перегородка	Підлога	Покриття	Разом
1	Площа	м <sup>2</sup>	2376	2592	972	4320	4320	-
2	Товщина	м	0,2	0,2	0,2	1,6	0,31	-
3	Вартість 1м <sup>3</sup> матеріалів	грн/м <sup>3</sup>	1285	1080	1567	80	60	-
4	Загальна вартість ізоляційних матеріалів + роботи	тис.грн	610,6	560	304,6	552,96	80,35	2108,51

Загальна сума затрат – 2108,51 + 9508,2·1,2 = 13940 тис. грн.

### Виробництво і використання електроенергії

Річне споживання електроенергії холодильником і компресорним цехом данного холодильника становить:

$$E_p = 423,77 \text{ тис. кВт. год}$$

Ціна за 1 кВт. год електроенергії становить:  $C_{ел} = 9,3 \text{ грн}$

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$V_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел}$$

$$V_{ел.р} = 423770 \text{ кВт*год} \cdot 9,3 \text{ грн/ (кВт*год)} = 3941,1 \text{ тис. грн.}$$

Масило купується для компресорів за ціною 130 грн. за 1л, в моєму проекті необхідно 120 л і це коштує  $130 \cdot 120 = 15,6 \text{ тис.грн}$

Холодоагент аміак купується за ціною 170 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 400 кг і це коштує  $400 \cdot 170 = 68 \text{ тис.грн}$

### Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 14.4

					00.КР.142.009.003.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Таблиця 14.4

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Машиніст ХУ	268	4	45000	18000
2	Слюсар-ремонтник	190	3	32000	96000
<b>Разом</b>			<b>7</b>	<b>77000</b>	<b>276000</b>

Нарахування на заробітну плату становить 37,18%, тому затрати на працівників становлять  $276000 \cdot 1,3718 = 398,92$  тис. грн.

### Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань: для обладнання – на 5 років, для будівельних матеріалів – на 20 років.

Для основного обладнання – 20% від вартості обладнання;

$$A_{\text{обл}} = \Sigma V_{\text{обл.}} / 5$$

$$A_{\text{обл}} = 9508,2 / 5 = 1901,64 \text{ тис. грн.}$$

$$A_{\text{буд}} = \Sigma V_{\text{буд}} / 20$$

$$A_{\text{буд}} = 2108,51 / 20 = 105,43 \text{ тис. грн.}$$

$$A_{\text{буд+обл}} = 1901,64 + 105,43 = 2007,07 \text{ тис. грн.}$$

### Визначення інших видів витрат

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

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

$$V_{\text{рем}} = A_{\text{обл}} \times 0,20$$

$$V_{\text{рем}} = 1901,64 \times 0,20 = 380,33 \text{ тис. грн.}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$V_{\text{пуск}} = V_{\text{обл}} \times 0,02$$

$$V_{\text{пуск}} = 9508,2 \times 0,02 = 190,164 \text{ тис. грн.}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:  $V_{\text{ін}} = A_{\text{обл}} \times 0,03$

									Арк.
									92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.009.003.ПЗ				

$$V_{in} = 1901,64 \times 0,03 = 57,05 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = B_{рем} + B_{пуск} + B_{in}$$

$$\Sigma B = 380,33 + 190,164 + 57,05 = 627,544 \text{ тис. грн.}$$

### Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених у попередніх розділах зводимо у порівняльну таблицю 14.5 собівартості енергії:

**Таблиця 14.5**

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	Проект
Електроенергія	3941,1
Масило	15,6
Оплата праці	198,92
Амортизація	4007,07
Інші витрати	827,544
<b>Разом</b>	<b>10990,234</b>

Кількість виробленого холоду за рік:

$$22 * 270 * 251,26 = 1492,48 \text{ МВт*год}$$

Собівартість холоду:

$$\Delta C = (10990,234 \text{ тис.грн}) / (1492,48 \text{ МВт*год}) = 7,36 \text{ грн/(кВт*год)}$$

## *Список використаної літератури*

1. Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.
2. Масліков, М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навчальний посібник.– К.: НУХТ, 2007.–335 с.
3. Бодак М. П. Холодильна технологія та технічні засоби її забезпечення : підручник / М. П. Бодак, І. В. Сирохман ; Центр. спілка споживчих товариств України, Львів. торг.-екон. ун-т. – Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2018. – 412 с.
4. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. С. Холодильні установки спеціального призначення : підручник. Херсон : Грінь Д.С., 2013, 488 с.
5. Чумак І. Г., Чепурненко В. П., Лар'янівський С. Ю. Холодильні установки : підручник у 2-х книгах. Київ : Либідь, 1995.
6. Холодильные установки. Проектирование : учеб. пособие / И. Г. Чумак и др. 3-е изд., перераб. и доп. Одесса : Друк, 2007. 480 с.
7. [www.sublimat.com.ua/uk/sublimatsionnaja\\_sushilka\\_dl\\_doma](http://www.sublimat.com.ua/uk/sublimatsionnaja_sushilka_dl_doma) - ТМ «Вітамінний заряд»
8. [www.climeon.com](http://www.climeon.com) - Climeo. Creating a sustainable future with waste heat recover
9. [www.primeholod.com.ua/uk](http://www.primeholod.com.ua/uk) - Праймхолод
10. [www.delaval.com](http://www.delaval.com) - ДеЛаваль

					<i>00.KP.142.009.003.P3</i>	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		