

**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 БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування  
(код та назва спеціальності)

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

Холодильні техніка та технологія

на тему: Проект виробничого холодильника молокозаводу продуктивністю 150 т.  
молока на добу в м. Фастів.

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

\_\_\_\_\_ Мізюк Владислав Сергійович \_\_\_\_\_  
(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 бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри **ТЕХТ**

проф. Петренко В.П.

“10” квітня 2025 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мізюка Владислава Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект виробничого холодильника молокозаводу продуктивністю 150 т. молока на добу в м. Фастів.

керівник роботи к.т.н., доц. Грищенко Р.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи продукція – молоко пастеризоване, заморожений творог, кефір та йогурти, сир. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Вступ 2. Технологічна схема холодильного оброблення продукції 3. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції 4. Техніко-економічне обґрунтування 5. Визначення основних розмірів і планування приміщень 6. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника 7. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень 8. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресор 9. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки 10. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини 11. Вибір теплообмінних апаратів 12. Вибір теплообмінного обладнання холодильних камер 13. Розрахунок охолодника оборотної води 14. Вибір допоміжного обладнання 15. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах та аеродинамічних втрат у повітроводах 16. Вибір насосів та вентиляторів 17. Техніко-економічні показники проекту 18. Охорона праці 19. Висновок 20. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі

2. Гідравлічна схема 3. Розріз будівлі



## Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню холодильного господарства для молокозаводу продуктивністю 150 тонн на добу у місті Фастів. Актуальність теми зумовлена необхідністю розширення переробки та ефективного зберігання молока і молочних продуктів, які є швидкопсувними та потребують дотримання суворих температурно-вологісних режимів. У роботі розглянуто сучасні підходи до зниження енергоспоживання при виробництві штучного холоду, що суттєво впливає на собівартість продукції.

Проєкт охоплює розрахунок і планування холодильних камер для різних видів продукції, серед яких: камера зберігання пастеризованого, камера заморозки творогу, камера зберігання замороженого творогу, камера зберігання кефіру та йогуртів, камера дозрівання сиру, камера зберігання сиру.

Основними завданнями роботи стали: вибір оптимальних температурних режимів для кожної камери, визначення їхніх розмірів, розроблення загального плану холодильника, підбір будівельних і теплоізоляційних матеріалів, а також техніко-економічне обґрунтування вибору системи охолодження. Робота базується на сучасних наукових принципах енергоефективного проектування у сфері холодильних технологій для харчової промисловості.

**Ключові слова:** *холодильне господарство, молокозавод, молочні продукти, холод, температура зберігання, енергоефективність, Фастів.*

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проєкт виробничого холодильника молокозаводу продуктивністю 150 т. молока на добу в м. Фастів.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Мізюк В.С.</i>					4	
<i>Керівник</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>				<i>НУХТ, ТЕХТ, ХМ-4-4</i>		
<i>Консультант</i>								
<i>Рецензент</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

## Abstract

This qualification paper focuses on the design of a refrigeration system for a dairy plant with a processing capacity of 150 tons per day, located in the city of Fastiv. The relevance of the topic lies in the growing need to expand the processing and efficient storage of milk and dairy products, which are perishable and require strict control of temperature and humidity conditions. The work examines modern approaches to reducing energy consumption in the production of artificial cold, which significantly affects the cost of the final products.

The project includes calculations and planning for refrigeration chambers designated for various types of dairy products, such as: Pasteurized milk storage chamber, Curd freezing, Frozen curd storage chamber, Storage chamber for kefir and yogurt, Cheese ripening chamber, Cheese storage chamber.

The main objectives of the project include selecting optimal temperature conditions for each chamber, determining their dimensions, developing a layout plan, selecting construction and insulation materials, and providing a technical and economic justification for the chosen cooling system. The work is based on current scientific principles of energy-efficient design in the field of refrigeration technology for the food industry.

***Keywords: refrigeration system, dairy plant, dairy products, artificial cold, storage temperature, energy efficiency, Fastiv.***

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



# 1. Вступ

На сьогоднішній день перспективою розвитку харчової промисловості є збільшення об'єму переробки та зберігання молока та молочних продуктів. Процес виробництва та зберігання молокопродуктів тісно пов'язаний з холодильною технологією та холодильною технікою так, як молоко належить до продуктів харчування які дуже швидко псуються.

Споживання молокопродуктів населенням визначає доцільність проектування і побудови нових підприємств, адже існуючі мають ряд суттєвих недоліків. Зокрема маємо значну перевитрату електроенергії при виробництві та споживанні штучного холоду холодильних господарств, що відображається на собівартості одиниці холоду, і як результат на собівартості молокопродуктів, що виробляються на підприємстві. Це призводить до необхідності пошуку нових технічних рішень при проектуванні холодильника із застосуванням сучасних досягнень в галузі холодильної техніки.

Головним завданням при проектуванні холодильника є:

- вибір температурного режиму в камерах;
- визначення основних розмірів холодильника;
- розроблення плану холодильника;
- вибір будівельних та ізоляційних матеріалів;
- вибір та обґрунтування типу системи охолодження.

При вирішенні цих задач в проектуванні керуються науковими положеннями по зменшенню витрат електроенергії при виробництві штучного холоду. В даному проекті ведеться розрахунок холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 150 т/добу у м. Фастів.

									Арк.
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

## 2. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.

Проєкт створено відповідно до завдання «Проєкт виробничого холодильника молокозаводу продуктивністю 150 т. молока на добу в м. Фастів». Асортимент продукції включає пастеризоване молоко, заморожений творог, кефір, йогурти та сир. Постачання холоду здійснюється з локального холодильно-компресорного цеху, де функціонують аміачні холодильні установки. Перед охолодженням молоко проходить стадію очищення. Молоко є сприятливим середовищем для розвитку коліформних, молочнокислих, маслянокислих та інших типів бактерій. Найкращими умовами для росту мікроорганізмів є температура в діапазоні 25–40 °С та рН 6,8–7,4. Розвиток молочнокислих бактерій, відповідальних за скисання, суттєво сповільнюється при температурі близько 10 °С і майже припиняється при 2–4 °С.

Тривалість бактерицидної фази змінюється залежно від температури зберігання: при 37 °С вона триває близько 2 годин, при 10 °С – до 36 годин, при 5 °С – до 48 годин, а при 0 °С – до 72 годин. Якщо кількість мікроорганізмів у молоці збільшується на кілька тисяч, то навіть за сталої температури зберігання тривалість бактерицидної фази скорочується приблизно вдвічі. Таким чином, температура охолодження має визначальний вплив на рівень кислотності молока.

Ще одним критичним чинником у процесі охолодження молочних продуктів є тривалість самої процедури. При охолодженні молока до температури 6–7 °С відбувається кристалізація тригліцеридів, що призводить до зменшення їхнього об'єму. Якщо ж охолодження перевищує допустимий рівень і опускається нижче 0 °С, оболонки жирових кульок можуть розірватися, що спричиняє втрати молочного жиру. Саме тому температура зберігання молока не повинна опускатися нижче 3–4 °С, а весь процес охолодження має завершуватись протягом 3 годин після доїння.

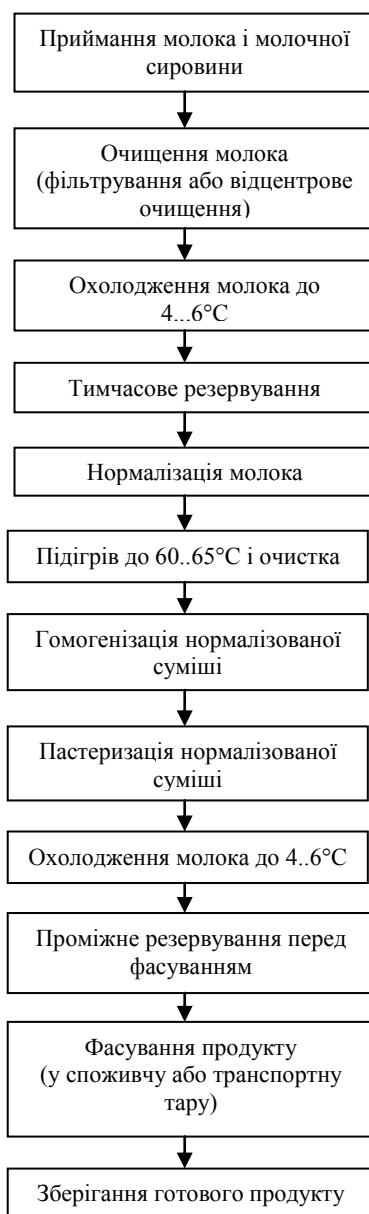
					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При охолодженні молочних продуктів основним параметром є тривалість охолодження. Пластинчастий охолоджувач охолоджує молоко в закритому потоці. При використанні крижаної води як холодоносія кратністю не менше 3х молоко охолоджується за 1 прохід через апарат до  $t$  не вище  $t$  крижаної води на 3 °С.

При охолодженні молока до 6 - 7 °С суміш тригліцеридів кристалізується, зменшується в об'ємі. Охолодження молока менше 0 °С може привести до розриву оболонок жирових кульок і до втрати частини молочного жиру. Ось чому температура охолодження будь-якого молока не може перевищувати 3..4 °С, а процес охолодження повинен займати не більше 3 годин з моменту доїння.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## Виробництво пастеризованого молока(30%)



*Рис.1 Принципова технологічна схема виробництва пастеризованого молока*

Після очистки молоко необхідно негайно охолодити до низької температури. Оптимальні строки зберігання молока, охолодженого до 4-6°C, не більше 12 годин.

Пастеризоване молоко охолоджують до температури  $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$  і направляють на розлив і пакування чи у проміжну ємність для тимчасового зберігання (не більше 6 годин). При зберіганні до розливу

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

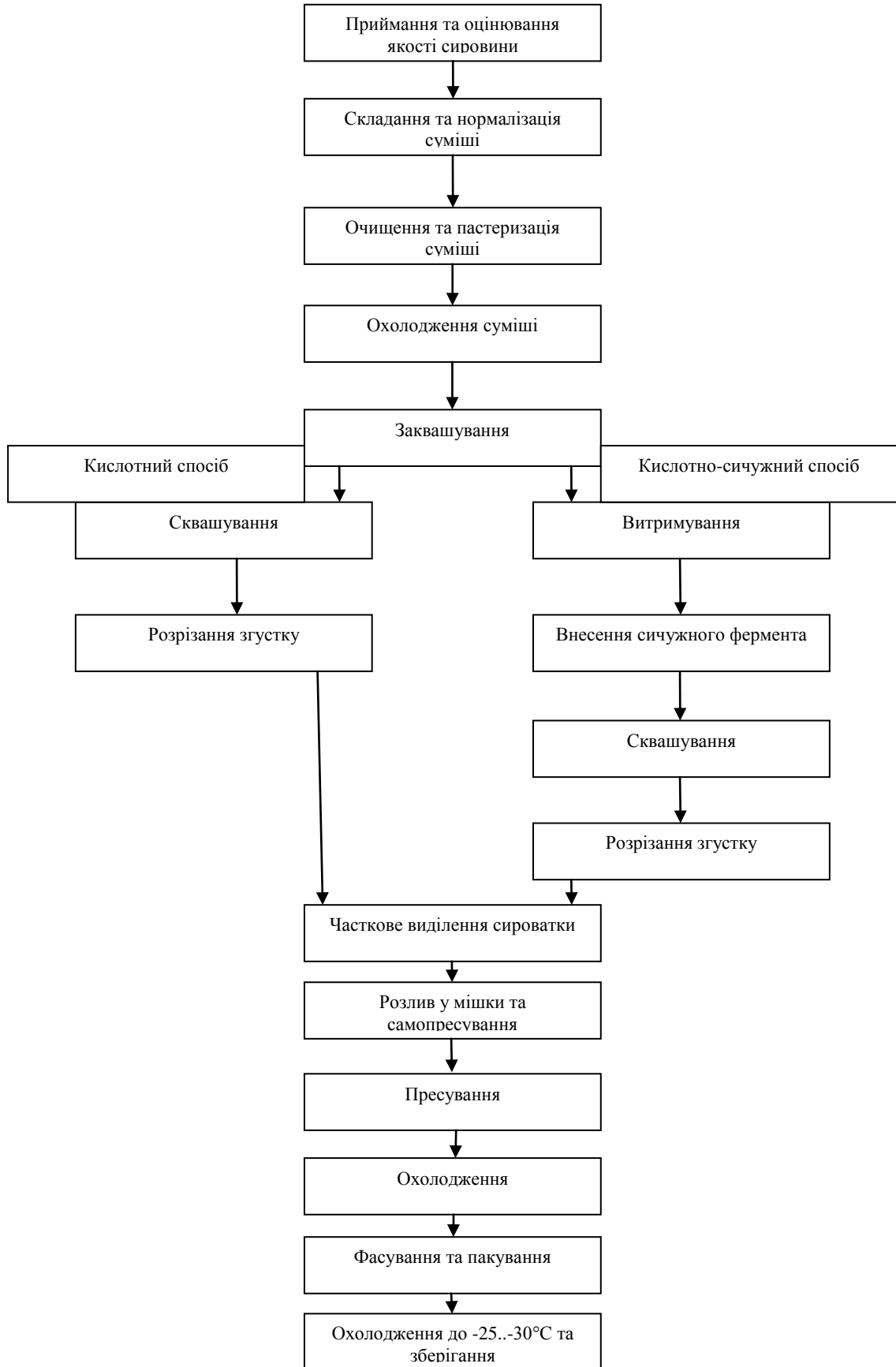
понад 6 годин продукт направляють на повторну пастеризацію чи зменшують загальний термін допустимого зберігання на підприємстві.

Пастеризоване молоко слід зберігати при температурі  $(0 \pm 6)^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря 85..90 % не більше 5 днів і на заводі не більше 1 доби.

Пастеризоване молоко мають перевозити в закритих охолоджуваних або ізотермічних транспортних засобах. При зберіганні пакети складають в пластикові ящики (400x300x270мм), місткістю 25л, які виставляються штабелями на євро-піддони (1200x800x150мм).

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>11</b>

## Виробництво сиру кисломолочного(30 %)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

12

Зберігання незбираного молока до переробки при температурі  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  не повинно перевищувати 6 годин.

Відпресований сир кисломолочний необхідно якомога швидше охолодити до температури  $3..8^\circ\text{C}$  для припинення молочнокислого бродіння, що супроводжується нарощуванням кислотності. Охолодження сиру відбувається у барабані за рахунок подачі розсолу приблизно на  $10^\circ\text{C}$ . Кінцева температура після барабану становить  $12 \pm 3^\circ\text{C}$ . Крім того, упакований продукт доохолоджується у холодильній камері до  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Зберігання повинно проводитись при температурі  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  не більше 36 годин із моменту закінчення технологічного процесу, в тому числі на підприємстві – не більше 18 годин.

Резервування сиру кисломолочного для тривалого зберігання проводять шляхом повільного або миттєвого заморожування.

На підприємствах молочної галузі використовують спеціальні лінії для фасування та заморожування сиру кисломолочного. Фасування проводиться блоками по  $6..10$  кг або брикетами по  $0.5$  кг. Пакується продукт з початковою температурою  $10..20^\circ\text{C}$  в плівку із полімерних матеріалів і направляється транспортером до скороморозильного апарату, принцип дії якого оснований на заморожуванні сиру кисломолочного при прямому контакті з поверхнею гладких плит, всередині яких циркулює холодоагент.

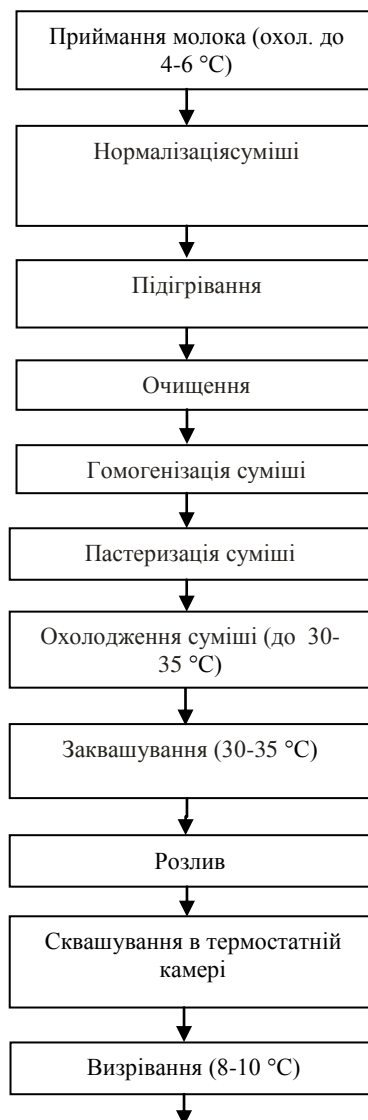
Пакети за допомогою завантажувального лотка, що рухається, розміщуються між плитами. Після цього плити під дією пружин сходяться і відпресовують продукт. Плити, що закріплені на валу ротора, при його обертанні послідовно встановлюються в позиції завантаження і розвантаження. Заморожування здійснюється в залежності від виду сиру кисломолочного до температури  $-18..-25^\circ\text{C}$  протягом  $1.5..2.5$  години при температурі контактної поверхні плит  $-40^\circ\text{C}$ .

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Далі блоки потрапляють на стіл для укладки в картонні коробки. Заморожений сир кисломолочний зберігається в камерах при температурі  $-18..-25^{\circ}\text{C}$  протягом 8 або 12 місяців відповідно. При відсутності спеціалізованого обладнання для заморожування сир кисломолочний спочатку фасують у спеціальні форми, підпресовують до потрібної масової частки вологи і заморожують в холодильних камерах з температурою не вище  $-25^{\circ}\text{C}$ .

При зберіганні пакети кладуться в спеціальні пластикові ящики з кришкою(590x360x175мм), місткістю 35л, які виставляються штабелями на євро-піддони(1200x800x150мм).

### **Кефір та йогурти(20 %)**



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

14



**Рис.2** Принципова технологічна схема виробництва кефіру та йогуртів

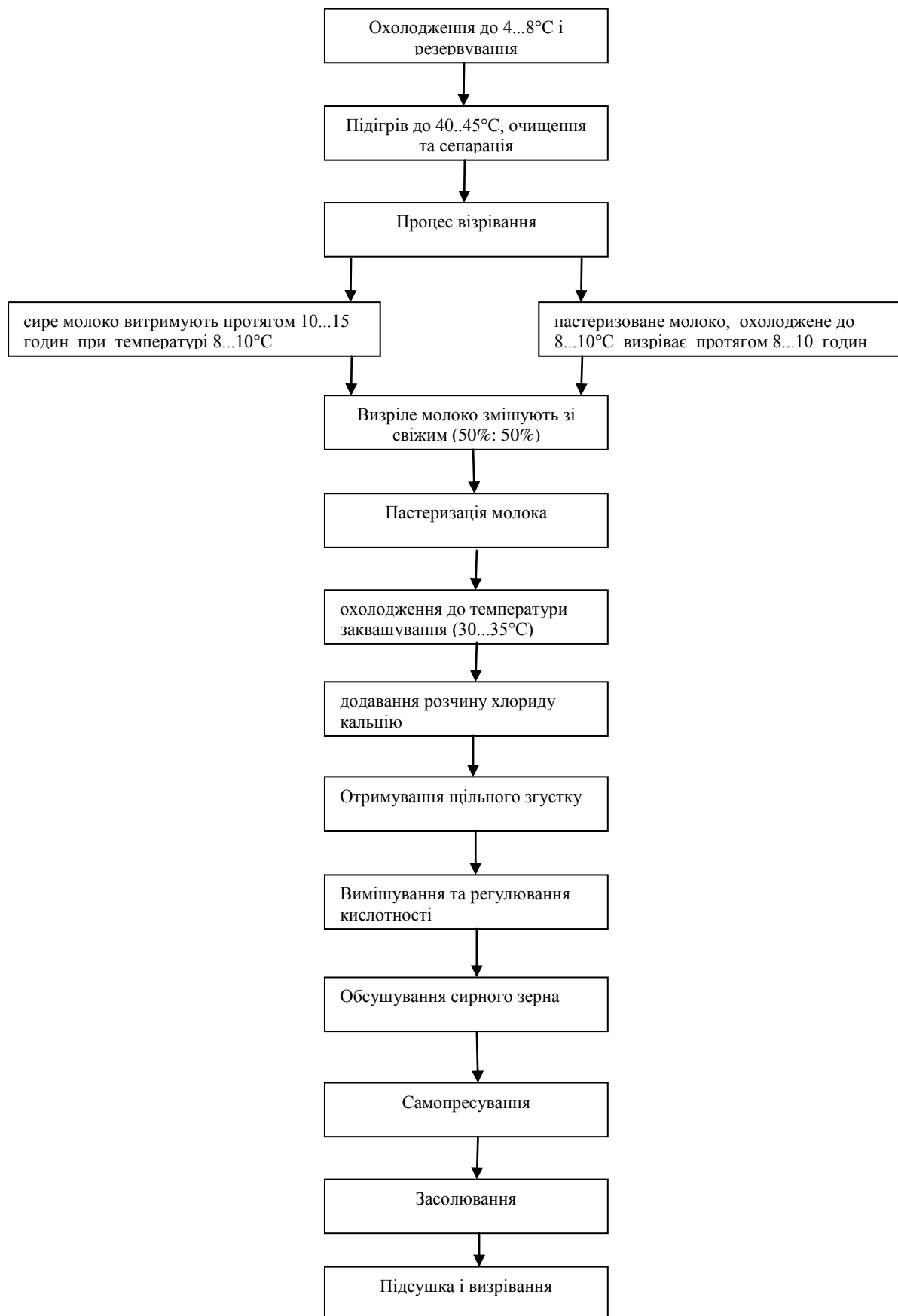
Закваску додають до пастеризованого молока. При температурі 30–35 °С (для мезофільних мікроорганізмів) здійснюється сквашування. Під час сквашування ..відбуваються коагуляція казеїну та гелеутворення, внаслідок чого молоко з вільнодисперсного стану(золь) переходить у зв'язанодисперсний (гель) і у молоці формується згусток– тривимірний каркас, у порожнинах якого перебуває сироватка. Після закінчення сквашування продукт негайно охолоджують до 6–8 °С, щоб припинити життєдіяльність кисломолочних бактерій.

При термостатному способі охолодження здійснюється у холодильних камерах у тарі. Продукти, вироблені термостатним способом, мають незруйнований згусток, тобто щільнішу консистенцію. Для продуктів змішаного бродіння (кефір, кумис) після сквашування слід проводити визрівання при 8–10°С для здійснення спиртового бродіння. Готові кисломолочні продукти розливають у пляшки чи пакети і подають на зберігання.

При зберіганні пакети складають в пластикові ящики (400x300x270мм), місткістю 25л, які виставляються штабелями на євро-піддони (1200x800x150мм).

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## Виробництво сиру(20%)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

16

Для уникнення розвитку мікрофлори прийняте молоко одразу охолоджують у пластинчастих теплообмінниках до 4..8°C і резервують для забезпечення безперебійної роботи підприємства. Молоко, що надходить у виробництво, підігривають до 40...45°C, очищують і сепарують. За потреби молочну сировину нормалізують за білком.

Процес визрівання: пастеризоване молоко, охолоджене до 8...10°C визріває після внесення заквасок чистих культур молочнокислих бактерій протягом 8...10 годин. Визріле молоко підігривають до 30°C та змішують зі свіжим (частка визрілого молока становить до 50%).

Російський сир виробляють з пастеризованого молока. Метою пастеризації є знищення вегетативних форм мікроорганізмів та інактивація ферментів, що містяться у молоці. Найпоширеніший режим пастеризації – при 72...74°C протягом 15...20 с. Також використовують ультрапастеризацію – 135...145°C протягом 1...4 с – при цьому властивості молока практично не змінюються, а мікрофлора повністю гине.

Після пастеризації молоко охолоджують до температури заквашування (30...35°C) у рекупераційному теплообміннику, де охолодження здійснюється молоком, що надходить на пастеризатор – при цьому економиться тепла енергія. До охолодженого молока у сироробній ванні вносять бактеріальну закваску.

Молоко витримують у сироробній ванні протягом певного часу для зсідання, після чого вносять сичужний фермент і витримують до отримання щільного згустку. Температура зсідання залежить від того, який згусток треба отримати. Температура (32...35°C) та тривалість (25...35 хв) використовуються для виготовлення твердих сирів.

Сирне зерно вимішують, додаючи питну воду для більшої рівномірності і регулювання кислотності та нагрівають (друге нагрівання) до температури 41...43°C. Метою другого нагрівання є

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

прискорення зневоднення сирного зерна. Після нагрівання проводять обсушування (вимішування) сирного зерна, що триває 40...60 хвилин.

Сформовані головки сиру піддають самопресуванню під вагою вищих шарів сиру. Його мета – закріплення форми сиру, об'єднання зерен у моноліт, видалення залишків сироватки та формування суцільної замкненої поверхні. Сири слід перевертати, бо нижні шари ущільнюються під тиском верхніх. Самопресування триває 8...12 годин. Для більшості твердих сирів самопресування недостатньо – використовують пресування на пресах. Для отримання рівної твердої поверхні сири загортають у тканину. Під час пресування сири також перевертають. Тоді ж здійснюється маркування головок полімерними цифрами, які впресовують в сир.

Після пресування сир надходить на засолювання, що має на меті не лише надати певний смак сиру, а й певною мірою регулювати мікробіологічні процеси у ньому, пригнічуючи сторонню мікрофлору.

Вміст солі у сирі становить 1,2...1,4%. Для засолювання використовують розсіл або соляну гущу. Після попереднього засолювання сир занурюють у розсіл концентрацією до 22...24%. Температуру розсолу та повітря при цьому підтримують на рівні 8...12°C, а відносну вологість повітря – 92...96%. Тривалість засолювання залежить від розмірів сирів, їх форми, вмісту вологи та інших факторів і становить 2...3 доби. Зазвичай для засолювання використовують камери з басейнами, наповненими розсолом. Сири занурюють до басейнів у етажерках чи контейнерах. Після виймання з розсолу сир підсушують протягом 10...12 діб на стелажах, що також розміщені у холодильних камерах, і подають на визрівання.

Після визрівання сир замотують у поліетиленову плівку, пакують в пластикові ящики(590x360x175мм), переносять в камеру зберігання і складають на євро-піддони(1200x800x150мм).

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Всі віще перераховані дані зведемо в таблицю 2.1:

Таблиця 2.1

№	Призначення	Термін зберігання продукту	Термін зберігання на підприємстві	t, °C	φ, %	W, м/с
1	Камера зберігання пастеризованого молока	5 днів	1 доба	0°C	80...85%	3..4
2	Камера заморозки творогу	-	9 год	-25...-30°C	95...100%	5
3	Камера зберігання замороженого творогу	6 міс.	30 діб	-18...-20°C	90...95%	3..4
4	Камера зберігання кефіру та йогуртів	14 днів	2 доби	0°C	80...85%	3..4
5	Камера дозрівання сиру №1	-	50 діб	12°C	90%	природ.
6	Камера зберігання сиру	3 міс.	30 діб	-3°C	90%	3..4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

19

### 3. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

#### 3.1. Тривалість замороження творогу

1. Визначаю температуру кріоскопічної точки та ентальпії продукту у початковому  $h_{\text{поч}}$  та замороженому  $h_{\text{кінц}}$  станах:

$$\begin{aligned}t_{\text{поч}} &= 10^{\circ}\text{C} & h_{\text{поч}} &= 334 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \\t_{\text{кінц}} &= -30^{\circ}\text{C} & h_{\text{кінц}} &= 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \\t_{\text{кр}} &= -1^{\circ}\text{C} & h_{\text{кр}} &= 192.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\end{aligned}$$

2. Визначаю коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$ :

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{мор}} &= \lambda_0 + 0.9\omega & (3.1) \\ \lambda_{\text{мор}} &= 0.53 + 0.9 \cdot 0.935 = 1.372 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}\end{aligned}$$

де  $\lambda_0$  - коефіцієнт теплопровідності продукту, визначений для середньої температури під час заморожування  $t_0 = 0.5(t_{\text{кр}} + t_{\text{кам}}) \frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$ ;  $\omega$  - частка вимороженої вологи, яку можна визначити за залежністю:

$$t_{\text{сер}} = 0.5(t_{\text{кр}} + t_{\text{кінц}}) \quad (3.2)$$

$$t_{\text{сер}} = 0.5(-1 - 30) = -15.5^{\circ}\text{C}$$

$$\omega = 1 - \frac{t_{\text{кр}}}{t_{\text{сер}}} \quad (3.2)$$

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$\omega = 1 - \frac{-1}{-15.5} = 0.935$$

3. Розраховуємо коефіцієнти тепловіддачі з поверхні продукту до рухомого повітря:

Теплофізичні характеристики повітря:

$$\lambda_{\text{пст}} = 0.0217 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$a = 15.24 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

$$\nu_{\text{пст}} = 11.13 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пст}}}{\delta} \quad (3.4)$$

де  $\delta$  - найменша товщина продукту, прийнята 0.15 м; Nu – критерій Нуссельта.

Для рухомого повітря (залежність І.Г. Чумака та В. М. Московченка):

$$Re = W_{\text{пст}} \delta / \nu_{\text{пст}} \quad (3.5)$$

де  $w$  – швидкість руху повітря, приймаю 5 м/с.

$$Re = \frac{5 \cdot 0.15}{11.13 \cdot 10^{-6}} = 67390$$

$$Nu = 0.17 \cdot Re^{0.7} \quad (3.6)$$

$$Nu = 0.17 \cdot 67390^{0.7} = 407.8$$

$$\alpha = \frac{407.8 \cdot 0.0217}{0.15} = 58.994 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

4. Тривалість заморожування за формулою Планка, с:

$$\tau = \frac{\rho \delta (h_{\text{поч}} - h_{\text{кінь}})}{t_{\text{кр}} - t_{\text{кам}}} \left( R \frac{\delta}{\lambda_{\text{мор}}} + P \frac{1}{\alpha} \right), \text{ с} \quad (3.7)$$

де  $\rho$  - густина продукту, прийнята  $1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $\delta$  - найменша товщина продукту, прийнята 0.15 м;  $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту до охолодного середовища,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ; R, P – коефіцієнти для

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

необмеженої пластини, теплота від якої відводиться з чотирьох боків  
 $R=0.0967, P=0.3571$ .

$$\tau = \frac{1050 \cdot 0.15 \cdot 10^3 (334 - 0)}{-1 + 30} \left( 0.0967 \frac{0.15}{1.375} + 0.3571 \frac{1}{58.994} \right) = 30116 \text{ ,с}$$

Час замороження буде складати:

30116 с = 8,4 годин.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

## 4. Техніко-економічне обґрунтування.

Фастів — місто обласного підпорядкування, розташоване на річці Унава, з населенням близько 44 тисяч осіб (станом на 2024 рік). Воно є адміністративним центром Фастівської міської громади Київської області та важливим транспортним вузлом, що поєднує кілька регіональних напрямків залізничного та автомобільного сполучення.

Будівництво холодильного господарства при молокозаводі у Фастові забезпечить ефективне накопичення і зберігання молока та молочних продуктів із подальшим транспортуванням до кінцевого споживача залежно від потреб ринку. Завдяки великій кількості навколишніх сіл та приватних господарств, з'являється можливість стабільного приймання значних обсягів молочної сировини від населення.

Розміщення холодильника безпосередньо при молокозаводі у місті такого масштабу як Фастів дозволяє значно знизити витрати на логістику, що позитивно впливає на остаточну вартість продукції для споживача. Крім того, централізоване виробництво дає змогу забезпечити кращий санітарний контроль за сировиною, а також вищу якість обробки продукції в порівнянні з малими фермерськими господарствами.

Для охолодження камер зберігання і заморожування в цьому проєкті використано насосно-циркуляційну систему подачі холодоагенту. Така схема вважається однією з найефективніших і надійних у порівнянні з альтернативними фреоновими системами. В системі застосовано як безпосереднє, так і опосередковане охолодження, що дозволяє зменшити капітальні витрати на будівництво холодильного обладнання, водночас забезпечуючи його високу продуктивність і енергоефективність.

Як теплообмінне обладнання для камер холодильника обрані повітроохолодники. Це дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже процес заморожування та охолодження прискорити.

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

Конденсатор обраний кожухотрубний з водяним охолодженням. Окрім того передбачений так званий «чілер» для виробництва «льодяної води», яка потрібна для технологічних процесів(охолодження молока після прийомки, пастеризації тощо). На чілер працює окрема аміачна установка.

Технічні рішення, щодо конструкції холодильних складів: Залізобетонні панелі – дешевий матеріал, пришвидшує монтаж конструкцій та має більший термін придатності ніж у інших будівельних конструкцій.

Використаний теплоізолятор ПСБ-С. Він дешевий, не горючий, не всмоктує вологу. Має відмінні теплоізолюючі властивості.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 5. Визначення основних розмірів і планування приміщень

5.1. Будівельну площу камери зберігання визначаю за формулою:

$$F_{\text{буд}} = \frac{E_K}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_B}, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

де  $E_K$  - місткість камери, т;  $\beta_F$  - коефіцієнт використання будівельної площі камери;  $h_B$  - вантажна висота, м;  $q_v$  - норма завантаження продукту т/м<sup>3</sup> ;

Для зменшення капітальних витрат приймаю рішення об'єднати камери зберігання пастеризованого молока з камерою зберігання кефіру та йогуртів. Камера зберігання пастеризованого молока, кефіру та йогуртів: Місткість камери:

$$E_K = E_M \cdot \tau_M + E_K \cdot \tau_K, \text{ т} \quad (5.2)$$

де  $E_M$ ,  $E_K$  – добове надходження молока та кефіру на зберігання відповідно;  $\tau_M$ ,  $\tau_K$  – час зберігання камерами молока та кефіру відповідно (згідно таблиці 1).

$$E_K = 21 \cdot 1 + 14 \cdot 2 = 49 \text{ т}$$

Будівельна площа камери:

$$F_{\text{буд}} = \frac{49}{0.5 \cdot 0.75 \cdot 3} = 43.556, \text{ м}^2$$

Камера замороження творогу:

Місткість камери:

$$E_K = E_{\text{замороження творогу}} \cdot \tau_{\text{замороження творогу}}, \text{ т} \quad (5.2)$$

$$E_K = 21 \cdot 1 = 21 \text{ т}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Техніко-економічне обґрунтування.

5.1. Будівельну площу камери зберігання визначаю за формулою:

$$F_{\text{буд}} = \frac{E_K}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_B}, \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

де  $E_K$  - місткість камери, т;  $\beta_F$  - коефіцієнт використання будівельної площі камери;  $h_B$  - вантажна висота, м;  $q_v$  - норма завантаження продукту т/мЗ ;

Для зменшення капітальних витрат приймаю рішення об'єднати камери зберігання пастеризованого молока з камерою зберігання кефіру та йогуртів. Камера зберігання пастеризованого молока, кефіру та йогуртів: Місткість камери:

$$E_K = E_M \cdot \tau_M + E_K \cdot \tau_K, \text{ Т} \quad (5.2)$$

де  $E_M$ ,  $E_K$  – добове надходження молока та кефіру на зберігання відповідно;  $\tau_M$ ,  $\tau_K$  – час зберігання камерами молока та кефіру відповідно (згідно таблиці 1).

$$E_K = 21 \cdot 1 + 14 \cdot 2 = 49 \text{ Т}$$

Будівельна площа камери:

$$F_{\text{буд}} = \frac{49}{0.5 \cdot 0.75 \cdot 3} = 43.556, \text{ м}^2$$

Камера замороження творогу:

Місткість камери:

$$E_K = E_{\text{замороження творогу}} \cdot \tau_{\text{замороження творогу}}, \text{ Т} \quad (5.2)$$

$$E_K = 21 \cdot 1 = 21 \text{ Т}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Будівельна площа камери:

$$F_{\text{бвд}} = \frac{21}{0.4 \cdot 0.75 \cdot 3} = 23.333 \text{ м}^2$$

Камера зберігання замороженого творогу:

Місткість камери:

$$E_K = E_{TB} \cdot \tau_{TB}, \text{ Т}$$

$$E_K = 21 \cdot 30 = 630, \text{ Т}$$

Будівельна площа камери:

$$F_{\text{бвд}} = \frac{630}{0.4 \cdot 0.75 \cdot 3.5} = 600 \text{ м}^2$$

Камера дозрівання сиру:

Місткість камери:

$$E_K = E_{\text{ДОЗР.С}} \cdot \tau_{\text{ДОЗ.С}}, \text{ Т}$$

$$E_K = 14 \cdot 50 = 700, \text{ Т}$$

Будівельна площа камери:

$$F_{\text{бвд}} = \frac{700}{0.4 \cdot 0.75 \cdot 3.5} = 667 \text{ м}^2$$

Камера зберігання сиру:

Місткість камери:

$$E_K = E_C \cdot \tau_C, \text{ Т}$$

$$E_K = 14 \cdot 30 = 420, \text{ Т}$$

Будівельна площа камери:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$F_{\text{б\у\д}} = \frac{420}{0.4 \cdot 0.75 \cdot 3.5} = 400 \text{ м}^2$$

5.2 Визначаю площу одного будівельного прямокутника за формулою:

$$f = b \cdot l, \text{ м}^2 \quad (5.2)$$

де  $b$  – ширина будівельного прямокутника,  $\text{м}^2$ ;  $l$  – довжина будівельного прямокутника,  $\text{м}^2$ .

$$f = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

5.3. Визначаю кількість будівельних прямокутників за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{б\у\д}}}{f} \quad (5.3)$$

Камера зберігання молока, кефіру та йогуртів:

$$n = \frac{43.556}{36} = 1.21 \quad n_{\text{д}}=2$$

Камера замороження творогу:

$$n = \frac{23.333}{36} = 0.648 \quad n_{\text{д}}=2$$

Камера зберігання замороженого творогу:

$$n = \frac{600}{36} = 16.667 \quad n_{\text{д}}=16$$

Камера дозрівання сиру:

$$n = \frac{667}{36} = 18.6 \quad n_{\text{д}}=20$$

Камера зберігання сиру:

$$n = \frac{420}{36} = 11.667 \quad n_{\text{д}}=12$$

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

5.4. Приймаю дійсну кількість будівельних прямокутників  $n_d$  округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

5.5. Знаходжу дійсну площу камери за формулою:

$$F_d = n_d \cdot f, \text{ м}^2 \quad (5.4)$$

Камера зберігання молока, кефіру та йогуртів:

$$F_d = 2 \cdot 36 = 72 \text{ м}^2$$

Камера замороження тварогу:

$$F_d = 2 \cdot 36 = 72 \text{ м}^2$$

Камера зберігання замороженого тварогу:

$$F_d = 16 \cdot 36 = 576 \text{ м}^2$$

Камера дозрівання сиру:

$$F_d = 20 \cdot 36 = 720 \text{ м}^2$$

Камера зберігання сиру:

$$F_d = 12 \cdot 36 = 432 \text{ м}^2$$

5.6 Визначаю дійсну місткість камери за формулою:

$$E_{kd} = \frac{n_d}{n} \cdot E_k, \text{ Т} \quad (5.5)$$

Камера зберігання молока, кефіру та йогуртів:

$$E_{kd} = \frac{2}{1.21} \cdot 49 = 81 \text{ Т}$$

Камера замороження тварогу:

$$E_{kd} = \frac{2}{0.648} \cdot 21 = 64 \text{ Т}$$

Камера зберігання замороженого тварогу:

$$E_{kd} = \frac{16}{16.667} \cdot 630 = 604.7 \text{ Т}$$

Камера дозрівання сиру:

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



$$F_{хол} = 1734 + 326 + 190 + 112 + 260 = 2622 \text{ м}^2$$

Всі розрахунки зведені в таблицю 5.1 і 5.2

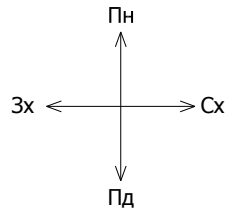
Табл. 5.1

Назва камери	Ек, т	$g_{\text{в}}, \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$	$\beta_F$	$h_{\text{в}}, \text{м}$	$F_{\text{буд}}, \text{м}^2$	$f, \text{м}^2$	n	$n_{\text{д}}$	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	Екд, т
№1 Камера зберігання пастеризованого молока, кефіру та йогуртів	49	0.5	0.75	3	43.556	36	1.21	2	72	81
№2 Камера заморозки творогу	21	0.4	0.75	3	23.333	36	0.648	2	72	64
№3 Камера зберігання замороженого творогу	630	0.4	0.75	3.5	600	36	16.667	16	576	605
№4 Камера дозрівання сиру	700	0.4	0.75	3.5	667	36	18.6	20	720	774.2
№5 Камера зберігання сиру	420	0.4	0.75	3.5	400	36	11.667	12	432	432
Всі камери	1820				1734	36	48.8	52	1872	1956

Назва камери	$F_{\text{буд, м}^2}$	$f, \text{м}^2$	$n$	$n_d$	$F_{\frac{d}{m}}$
Експедиція	326	36	9	9	326
Допоміжні приміщення	190	36	5.278	5	180
Холодильник в контурі	2250	36	62.5	66	2376
Службові приміщення	112	36	3.11	3	108
Машинне відділення	260	36	7.222	8	288

Табл. 5.2

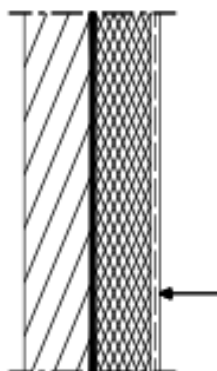
					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Позначення	Призначення	Температура °С	Вологість у камері ф, %
1	Зберігання молока, кефіру та йогуртів	0	80...58
2	Замороження творогу	-30	95...100
3	Зберігання творогу	-25	90...95
4	Дозрівання сиру	0	90
5	Зберігання сиру	13	90
6	Машинне відділення	20	
7	Службові відділення	20	
8	Автомобільна платформа-експедиція	12	
9	Коридор	12	

Табл. 5.3

## 6. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника



Зовнішня стіна	δ, м	λ, Вт/м²К	R, м²К/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,98	0,108
2. Теплоізоляція із пінополістирол ПСБ-С	-	0,05	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	
4. Зовнішній шар із важкого бетону	0,140	1,86	

Знаходжу термічний опір окремих шарів будівельної конструкції за формулою:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

де δ – товщина будівельного шару; λ – коефіцієнт теплопровідності будівельного шару, R – термічний опір.

$$R = \frac{0.02}{0.98} = 0.02 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$



Приймаю дійсне значення товщини теплоізоляції  $\delta_{i3Д}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{i3}$  в бік зростання.

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

$$k_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{i33}}{\lambda_{i3}}}$$

$$k_{\partial(\text{дозр.сиру})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.108 + \frac{1}{8} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.439 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{зберіг.творозу})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.108 + \frac{1}{9} + \frac{0.25}{0.05}} = 0.19 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{експедиції})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.108 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.442 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Роблю перевірку огорожень на умову утворення конденсату (при розрахунковій зимній температурі зовнішнього повітря):

$$\tau_B = t_B - \frac{t_B - t_H}{\frac{1}{k_D} \cdot \alpha_B}$$

де  $t_B$  - температура повітря у більш теплом приміщенні;

$t_H$  - температура повітря у більш холодному приміщенні.

$$\tau_{B(\text{дозр.сиру})} = 13 - \frac{13 - 7.1}{\frac{1}{0.439} \cdot 8} = 12.7$$

$$\tau_{B(\text{збер.твор.})} = -25 - \frac{-25 - 7.1}{\frac{1}{0.19} \cdot 9} = -24.3$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

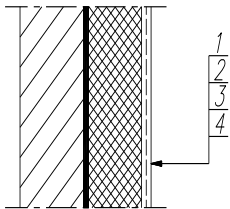
$$\tau_{B(\text{експедиція})} = 12 - \frac{12 - 7.1}{\frac{1}{0.442} \cdot 9} = 11.7$$

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

$$\tau_B \geq t_{\text{т.р.}}$$

де  $t_{\text{т.р.}}$  — температура повітря в більш теплому приміщенні

Табл. 6.2



Внутрішня стіна	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м <sup>2</sup> К/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,98	0,543
2. Теплоізоляція із пінополістирол ПСБ-С	-	0,05	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	
4. Панель із керамзитобетону	0,240	0,47	

Знаходимо термічний опір окремих шарів будівельної конструкції за формулою:

$$R_{\text{шт}} = \frac{0.02}{0.98} = 0.02 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{пар.із}} = \frac{0.004}{0.3} = 0.013 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

37

$$R_{\text{бет}} = \frac{0.24}{0.47} = 0.51 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Підраховую сумарний термічний опір всіх будівельних шарів (крім теплоізоляції) по формулі:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.02 + 0.013 + 0.51 = 0.543 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Знаходжу потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} \cdot \left[ \frac{1}{k_o^{\text{пр}}} - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.творПН)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.28} - \left( \frac{1}{9} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.165 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.творПД)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.205} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.205 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.творСХ)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.205} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.205 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.творЗХ)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.215} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.194 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(зам.твор _ №13х)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.26} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.154 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(зам.твор _ №2Сх)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.205} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.206 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(експед.Пд)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.52} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.057 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(визр.супрПд.)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.52} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0.057 \text{ м}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$\delta_{із(визр.циру3х.)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.58} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0.048 \text{ м}$$

$$\delta_{із(збер.циру3х.Сх.)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.43} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.077 \text{ м}$$

$$\delta_{із(збер.цируПн.Пд.)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.41} - \left( \frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.083 \text{ м}$$

Приймаю дійсне значення товщини теплоізоляції  $\delta_{ізД}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в бік зростання.

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

$$k_{\partial} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{із3}}{\lambda_{із3}}}$$

$$k_{\partial(збер.творПН)} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.2}{0.05}} = 0.21 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(збер.творПД)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.25}{0.05}} = 0.173 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(збер.творСХ)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.25}{0.05}} = 0.173 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(збер.твор3Х)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.2}{0.05}} = 0.209 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(зам.твор\_№13х)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{11} + \frac{0.2}{0.05}} = 0.21 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(зам.твор\_№2Сх)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{11} + \frac{0.25}{0.05}} = 0.173 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$k_{\partial(\text{експед. Пд})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.36 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(\text{визр. сурв Пд.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.358 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(\text{визр. сурв 3х.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} + \frac{0.05}{0.05}} = 0.558 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(\text{збер. сурв 3х. Сх.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.36 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\partial(\text{збер. сурв Пн. Пд.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.36 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

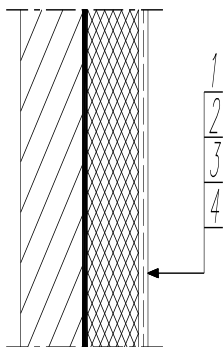


Табл. 6.3

Перегородка між камерами	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК	$\Sigma\delta_i / \lambda_i$ м <sup>2</sup> К/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,98	0,108
2. Теплоізоляція із пінополістирол ПСБ-С	-	0,05	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	
4. Зовнішній шар із важкого бетону	0,08	1,86	

Знаходжу термічний опір окремих шарів будівельної конструкції за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} D, \text{ де } \delta_i - \text{товщина будівельного шару; } \lambda_i - \text{коефіцієнт}$$

теплопровідності будівельного шару.

$$R_{шт} = \frac{0.02}{0.98} = 0.02 \frac{m^2 \cdot K}{Wm}$$

$$R_{пар.із} = \frac{0.004}{0.3} = 0.013 \frac{m^2 \cdot K}{Wm}$$

$$R_{\text{бет}} = \frac{0.08}{1.86} = 0.043 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Підраховую сумарний термічний опір всіх будівельних шарів (крім теплоізоляції) по формулі:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.02 + 0.013 + 0.043 = 0.076 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Знаходжу потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} \cdot \left[ \frac{1}{k_o^{\text{мп}}} - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right]$$

$$\delta_{\text{із(експ.Пд}_2)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.58} - \left( \frac{1}{8} + 0.076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.071 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(визр.сир)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.52} - \left( \frac{1}{8} + 0.076 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0.08 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.сир)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.42} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.104 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.творогу)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.46} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.094 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.творогу(Пн.))} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.28} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.164 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(замор.творогу(Пд.))} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.54} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.079 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(замор.творогу(1Сх.23х)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.26} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.178 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(замор.творогу(1_2Пн.))} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.215} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.219 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(збер.молока_Пн.))} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.465} - \left( \frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.093 \text{ м}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Приймаю дійсне значення товщини теплоізоляції  $\delta_{ізД}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в бік зростання.

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

$$k_{\partial(\text{експ.Пд}_2)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.076 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.433 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{визр.циру})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.076 + \frac{1}{8} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.43 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{збер.циру})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} + \frac{0.15}{0.05}} = 0.303 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{збер.творозу})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.435 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{збер.творозу(Пн.)})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{9} + \frac{0.2}{0.05}} = 0.233 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{замор.творозу(Пд.)})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.439 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{замор.творозу(1Сх.23х)})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} + \frac{0.2}{0.05}} = 0.234 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{замор.творозу(1_2Пн.)})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} + \frac{0.25}{0.05}} = 0.189 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\partial(\text{збер.молока_Пн.})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.435 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

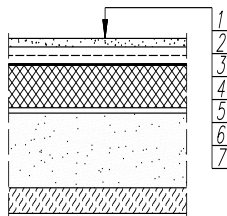


Табл 6.4

Підлога	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м <sup>2</sup> К/Вт
1. Монолітне бетонне перекриття із важкого бетону	0,040	1,86	<b>2,433</b>
2. Армована бетонна стяжка	0,080	1,86	
3. Пароізоляція - 1 шар пергаміна	0,001	0,15	
4. Теплоізоляція із пінополістирол ПСБ-С	-	0,05	
5. Цементно-пісковий розчин	0,025	0,98	
6. Ущільнений пісок	1,35	0,58	
7. Бетонна підготовка з електронагрівачами	-	-	

Знаходимо термічний опір окремих шарів будівельної конструкції:

$$R_{\text{пісок}} = \frac{1.35}{0.58} = 2.33 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{ц.п}} = \frac{0.025}{0.98} = 0.026 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{пар.із}} = \frac{0.004}{0.3} = 0.013 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{бет.ст.}} = \frac{0.08}{1.86} = 0.043 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{бет.}} = \frac{0.04}{1.86} = 0.021 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Підраховую сумарний термічний опір всіх будівельних шарів (крім теплоізоляції) по формулі:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2.33 + 0.026 + 0.013 + 0.043 + 0.021 = 2.433 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Теплоізоляцію підлоги будуюмо в камерах заморозки і зберігання замороженого творогу, оскільки в цих камерах температура нижча за  $-3^\circ\text{C}$ .

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із(зам.твор.)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.21} - \left( \frac{1}{11} + 2.433 \right) \right] = 0.11 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(зберіг.твор.)}} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.21} - \left( \frac{1}{9} + 2.433 \right) \right] = 0.11 \text{ м}$$

Приймаю дійсне значення товщини теплоізоляції  $\delta_{\text{ізд}}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{\text{із}}$  в бік зростання.

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

$$k_{\text{о(зам.твор.)}} = \frac{1}{\frac{1}{11} + 2.433 + \frac{0.125}{0.05}} = 0.199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\text{о(зберіг.твор.)}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 2.433 + \frac{0.125}{0.05}} = 0.198 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

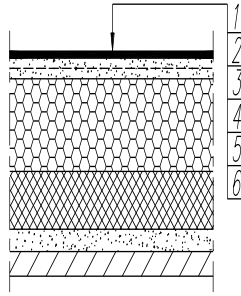


Табл. 6.5

Покриття	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м <sup>2</sup> К/Вт
1. 5 шарів гідроізолю на бітумній мастиці	0,012	0,30	<b>0,134</b>
2. Цементно-піщаний розчин на металевій сітці	0,040	0,98	
3. Пароізоляція (шар пергаміну)	0,001	0,15	
4. Теплоізоляція із пінополістирол ПСБ-С	-	0,05	
5. Цементно-піщаний розчин	0,030	0,93	
6. Залізобетонна плита покриття	0,030	2,04	

Знаходимо термічний опір окремих шарів будівельної конструкції:

$$R_{\text{нісок}} = \frac{1.35}{0.58} = 2.33 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{зал.бетон}} = \frac{0.03}{2.04} = 0.015 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{ц.п}} = \frac{0.03}{0.93} = 0.032 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{пар.із}} = \frac{0.001}{0.15} = 0.007 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$R_{ц.н.} = \frac{0.04}{0.98} = 0.04 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

$$R_{гидроиз} = \frac{0.012}{0.3} = 0.04 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Підраховую сумарний термічний опір всіх будівельних шарів (крім теплоізоляції) по формулі:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.015 + 0.032 + 0.007 + 0.04 + 0.04 = 0.134 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Теплоізоляцію покриття всіх камер приймаємо однаковою. В якості розрахункової конструкції приймаємо конструкцію покриття в камері зберігання творогу (-25°C).

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{із(покриття\_низьк)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.21} - \left( \frac{1}{23} + 0.134 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.24 \text{ м}$$

$$\delta_{із(покриття\_середн)} = 0.05 \cdot \left[ \frac{1}{0.34} - \left( \frac{1}{23} + 0.134 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.133 \text{ м}$$

Приймаю дійсне значення товщини теплоізоляції  $\delta_{ізд}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в бік зростання.

$$k_{\delta(покриття\_низьк)} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.134 + \frac{1}{9} + \frac{0.25}{0.05}} = 0.19 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$k_{\delta(покриття\_середн)} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.134 + \frac{1}{9} + \frac{0.15}{0.05}} = 0.304$$

Всі вище перераховані дані заносу в таблицю 6.6:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Огородження	$t_{в},$ °C	$\alpha_{н},$ $\frac{Вт}{м^2 \times К}$	$\alpha_{в},$ $\frac{Вт}{м^2 \times К}$	$R_{н},$ $\frac{м^2 \times К}{Вт}$	$R_{в},$ $\frac{м^2 \times К}{Вт}$	$\frac{\delta_i}{\lambda_i},$ $\frac{м^2 \times К}{Вт}$	Товщина теплоізол. шару, мм		Коеф. теплопер. $\frac{Вт}{м^2 \times К}$	
							$\delta_{із}^{тр}$	$\delta_{із}^{п}$	$k_{п}^{тр}$	$k_{п}^{п}$
Зовнішня стіна камери дозрівання сиру	13	23	8	0.043	0.125	0.108	64	100	0.64	0.439
Зовнішня стіна камери зберігання за замороженого творогу	-25	23	9	0.043	0.111	0.108	204	250	0.23	0.19
Зовнішня стіна експедиції	12	23	9	0.043	0.111	0.108	65	100	0.64	0.442
Внутрішня стіна камери зберігання за замороженого творогу (Пн.)	-25	9	9	0.111	0.111	0.543	165	200	0.28	0.21
Внутрішня стіна камери зберігання за замороженого творогу (Пд.)	-25	8	9	0.125	0.111	0.543	205	250	0.205	0.173
Внутрішня стіна камери зберігання за замороженого творогу (Сх.)	-25	8	9	0.125	0.111	0.543	205	250	0.205	0.173
Внутрішня стіна камери зберігання за замороженого творогу (Зх.)	-25	8	9	0.125	0.111	0.543	194	200	0.215	0.209
Внутрішня стіна камери за морозки творогу № 1 (Зх.)	-30	8	11	0.125	0.091	0.543	154	200	0.26	0.21
Внутрішня стіна камери за морозки творогу № 2 (Сх.)	-30	8	11	0.125	0.091	0.543	206	250	0.205	0.173
Внутрішня стіна експедиції(Пд.)	12	8	9	0.125	0.091	0.543	57	100	0.52	0.36
Внутрішня стіна камери визрівання сиру(Пд.)	12	8	8	0.125	0.125	0.543	57	100	0.52	0.358
Внутрішня стіна камери визрівання сиру(Зх.)	12	8	8	0.125	0.125	0.543	48	50	0.58	0.558
Внутрішні стіни камери зберігання сиру(Сх.Зх.)	-3	8	9	0.125	0.111	0.543	77	100	0.43	0.36
Внутрішні стіни камери зберігання сиру(Пн. Пд.)	-3	8	9	0.125	0.111	0.543	83	100	0.41	0.36

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

48

Внутрішня перегородка експедиції(Пд.)_2	12	8	9	0.125	0.111	0.076	71	100	0.58	0.433
Внутрішня перегородка камери визрівання сиру(між двома однаковими)	12	8	8	0.125	0.125	0.076	80	100	0.52	0.43
Внутрішня перегородка камери зберігання сиру(між двома однаковими)	-3	9	9	0.111	0.111	0.076	104	150	0.42	0.303
Внутрішня перегородка камери зберігання творогу (між двома однаковими)	-25	9	9	0.111	0.111	0.076	94	100	0.46	0.435
Внутрішня перегородка камери зберігання творогу(Пн.)	-25	9	9	0.111	0.111	0.076	164	200	0.28	0.233
Внутрішня перегородка камери замороження творогу_№1_№2(Пд.)	-30	9	11	0.111	0.091	0.076	79	100	0.54	0.439
Внутрішня перегородка камери замороження творогу_№1(Сх.)_№2(Зх.)	-30	9	11	0.111	0.091	0.076	178	200	0.26	0.234
Внутрішня перегородка камери замороження творогу_№1_№2(Пн.)	-30	9	11	0.111	0.091	0.076	219	250	0.215	0.189
Внутрішня перегородка камери зберігання молока, кефіру та йогуртів(Пн.)	0	9	9	0.111	0.111	0.076	93	100	0.465	0.435
Підлога камери заморозки творогу	-30	-	11	-	0.091	2.433	110	125	0.21	0.199
Підлога камери зберігання творогу	-25	-	9	-	0.111	2.433	110	125	0.21	0.198

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

49

Покриття низькотемпературних камер	-25	23	9	0.0435	0.111	0.134	240	250	0.21	0.19
Покриття середньотемпературних камер	-3	23	9	0.0435	0.111	0.134	133	150	0.34	0.304

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>50</b>

## 7. Розрахунок теплонадходжень до огорожуваних приміщень

Розрахунок проводять для кожної камери окремо, що дозволяє визначити навантаження окремо по камерам. Початковими даними для розрахунку є план холодильника з нанесенням розмірів камер та орієнтації по сторонам світу, значення коефіцієнтів теплопередачі будівельно-ізоляційних конструкцій, температура та вологість в камерах, зовнішнього повітря, та суміжних приміщень, температура та кількість вантажів що надходять до камер.

Приміщення покриті світлою штукатуркою. Покрівля плоска покрашена в світлі тонна. Висота камери 5 м.

### 7.1. Розрахунок теплопритоків від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою

Через огороження (стіни, підлога, покриття), теплота надходить від навколишнього середовища шляхом теплопередачі за рахунок різниці температур зовні та в камері, і в результаті дії сонячної радіації.

7.1.1. Розраховую теплопритоки від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1П} + Q_{1C} + Q_{1СТ}, \text{ кВт}$$

де  $Q_{1T}$  – теплоприток через стіни,

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.КР.142.008.018.ПЗ

$Q_{1П}$  - теплоприток через підлогу,

$Q_{1С}$  - теплоприток від сонячної радіації,

$Q_{СТ}$  - теплоприток від стелі.

### 7.1.2. Розраховую теплопритоки через зовнішнє огороження під дією різниці температур

$$Q_{1Г} = k_{\delta} \cdot F \cdot (t_{Г} - t_{В}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де  $k_{\delta}$  - дійсний коефіцієнт теплопередачі через огорожу,

$F$  - розрахункова площа поверхні огорожі,

$t_{Н}$  - розрахункова літня температура повітря зовнішнього боку огороження,

$t_{В}$  - розрахункова температура повітря всередині охолоджуючої камери.

### 7.1.3. Розраховуємо теплопритоки через підлогу: для підлоги камер заморозки і зберігання замороженого творогу, які мають обігриваючі пристрої

$$Q_{1П} = k_{\delta} \cdot F \cdot (t_{Г} - t_{В}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де  $t_{Г}$  - середня температура гріючого пристрою для нагріву ґрунту (приймаю 1°C)

для підлоги без нагріву

$$Q_{1П} = \sum k_{\text{умов}} \cdot F \cdot (t_{Н} - t_{В}) \cdot m \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де  $k_{\text{умов}}$  - умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$m = \frac{1}{1 + 1.25 \cdot \left( \sum \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right)}$$

де  $\delta_n$  - товщина окремих шарів підлоги,

$\lambda_n$  - коефіцієнт теплопровідності окремих шарів підлоги,

$m = 1$  - для неізольованої підлоги.

4.1.4. Знаходимо теплоприток від дії сонячної радіації:

$$Q_C = k_\delta \cdot F \cdot \Delta t_C \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де  $\Delta t_C$  - надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час.

#### Камера дозрівання сиру № 1:

Від стін:

$$Q_{\text{Г(ПН)}} = 0.439 \cdot (18 \cdot 5) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.79 \text{ кВт}$$

Приймаю умову що сусідня камера не працює

$$Q_{\text{Г(ЩД)}} = 0.43 \cdot (24 \cdot 5) \cdot (22 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.516 \text{ кВт}$$

Так як в коридорі температура та ж сама як у камері

$$Q_{\text{Г(СХ)}} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{Г(ЗХ)}} = 0.439 \cdot (18 \cdot 5) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.79 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{Г(ЗАГАЛЬНЕ)}} = 0.79 + 0.516 + 0 + 0.79 = 2.096 \text{ кВт}$$

Від стелі:

$$Q_{\text{СТ}} = 0.304 \cdot (18 \cdot 24) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 2.627 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$Q_{1П(ЗОНА1)} = 0.47 \cdot (36 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.677 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА2)} = 0.23 \cdot (32 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.294 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА3)} = 0.12 \cdot (28 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.134 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА4)} = 0.07 \cdot (252) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.353 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗАГАЛЬНЕ)} = 0.677 + 0.294 + 0.134 + 0.353 = 1.423 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1С(стіна)} = 0.439 \cdot 90 \cdot 7.2 \cdot 10^{-3} = 0.284 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(покрівля)} = 0.19 \cdot 432 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 1.223 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(загальне)} = 0.284 + 1.223 = 1.507 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 2.096 + 2.627 + 1.423 + 1.507 = 7.653 \text{ кВт}$$

### Камера дозрівання сиру №2:

Від стін:

$$Q_{1Г(ПН)} = 0.43 \cdot (24 \cdot 5) \cdot (22 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.516 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ПД)} = 0.358 \cdot (24 \cdot 5) \cdot (20 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.344 \text{ кВт}$$

Так як в коридорі температура та ж сама як у камері:

$$Q_{1Г(СХ)} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗХ)} = 0.439 \cdot (12 \cdot 5) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.526 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗАГАЛЬНЕ)} = 0.516 + 0.344 + 0 + 0.526 = 1.386 \text{ кВт}$$

Від стелі:

$$Q_{1СТ} = 0.304 \cdot (12 \cdot 24) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 1.751 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Від ґрунту:

$$Q_{1П(ЗОНА1)} = 0.47 \cdot (12 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.226 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА2)} = 0.23 \cdot (12 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.11 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА3)} = 0.12 \cdot (12 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.058 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА4)} = 0.07 \cdot (12 \cdot 18) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.302 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(Загальне)} = 0.226 + 0.11 + 0.058 + 0.302 = 0.696 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1С(стіна)} = 0.439 \cdot 60 \cdot 7.2 \cdot 10^{-3} = 0.19 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(покрівля)} = 0.19 \cdot 288 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.815 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(загальне)} = 0.19 + 0.815 = 1.005 \text{ кВт}$$

Загальні:

$$Q_1 = 1.386 + 1.751 + 0.696 + 1.005 = 4.838 \text{ кВт}$$

**Камера зберігання сиру №1:**

Від стін:

$$Q_{1Г(ЛН)} = 0.36 \cdot (18 \cdot 6)(20 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.745 \text{ кВт}$$

**Приймаємо що камера не працює**

$$Q_{1Г(ЛД)} = 0.303 \cdot (18 \cdot 5) \cdot (7 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.273 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(СХ)} = 0.36 \cdot (12 \cdot 5)(12 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.324 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗХ)} = 0.36 \cdot (12 \cdot 5)(12 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.324 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗАГАЛЬНЕ)} = 0.745 + 0.273 + 0.324 + 0.324 = 1.675 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Від стелі:

$$Q_{1CT} = 0.304 \cdot (12 \cdot 18) \cdot (32 + 3) \cdot 10^{-3} = 2.298 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

$$Q_{1П} = 0.07 \cdot (12 \cdot 18) \cdot (32 + 3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.529 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1C(\text{покрівля})} = 0.19 \cdot 216 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.611 \text{ кВт}$$

Загальні:

$$Q_1 = 1.675 + 2.298 + 0.529 + 0.611 = 5.113 \text{ кВт}$$

### Камера зберігання сиру 2:

Камера має ідентичні умови що і попередня

Від стін:

$$Q_{1T(ПН)} = 0.36 \cdot (18 \cdot 6)(20 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.745 \text{ кВт}$$

Приймаємо що камера не працює

$$Q_{1T(ПД)} = 0.303 \cdot (18 \cdot 5) \cdot (7 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.273 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(СХ)} = 0.36 \cdot (12 \cdot 5)(12 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.324 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(ЗХ)} = 0.36 \cdot (12 \cdot 5)(12 + 3) \cdot 10^{-3} = 0.324 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(\text{ЗАГАЛЬНЕ})} = 0.745 + 0.273 + 0.324 + 0.324 = 1.675 \text{ кВт}$$

Від стелі:

$$Q_{1CT} = 0.304 \cdot (12 \cdot 18) \cdot (32 + 3) \cdot 10^{-3} = 2.298 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1П} = 0.07 \cdot (12 \cdot 18) \cdot (32 + 3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.529 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1С(покрівля)} = 0.19 \cdot 216 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.611 \text{ кВт}$$

Загальні:

$$Q_1 = 1.675 + 2.298 + 0.529 + 0.611 = 5.113 \text{ кВт}$$

**Камера зберігання пастеризованого молока, кефіру та йогуртів:**

Від стін:

$$Q_{1Г(ПН)} = 0.435 \cdot (12 \cdot 5) \cdot (22 - 0) \cdot 10^{-3} = 0.574 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ПД)} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(СХ)} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗХ)} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗАГАЛЬНЕ)} = 0.574 \text{ кВт}$$

Від стелі:

$$Q_{1СТ} = 0.304 \cdot (6 \cdot 12) \cdot (32 - 0) \cdot 10^{-3} = 0.7 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

$$Q_{1П} = 0.07 \cdot (72) \cdot (32 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.161 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1С(покрівля)} = 0.19 \cdot 72 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.204 \text{ кВт}$$

Загальне

$$Q_1 = 0.574 + 0.7 + 0.161 + 0.204 = 1.639 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## Камера заморозки творогу 1:

Від стін:

$$Q_{\text{IT(ПН)}} = 0.189 \cdot (6 \cdot 5)(12 + 30) \cdot 10^{-3} = 0.238 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{IT(ПД)}} = 0.439 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (30 - 15) \cdot 10^{-3} = 0.198 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{IT(СХ)}} = 0.234 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (30 + 10) \cdot 10^{-3} = 0.281 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{IT(ЗХ)}} = 0.21 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (30 + 12) \cdot 10^{-3} = 0.265 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{IT(ЗАГАЛЬНЕ)}} = 0.238 + 0.198 + 0.281 + 0.265 = 0.982 \text{ кВт}$$

Від стелі:

$$Q_{\text{ICT}} = 0.19 \cdot (6 \cdot 6) \cdot (32 + 30) \cdot 10^{-3} = 0.424 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

Маємо підігрів

$$Q_{\text{IT}} = 0.199 \cdot (6 \cdot 6) \cdot (1 + 32) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.236 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{\text{IC(покрівля)}} = 0.19 \cdot 36 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.102 \text{ кВт}$$

Загальні:

$$Q_1 = 0.982 + 0.424 + 0.236 + 0.102 = 1.744 \text{ кВт}$$

Камера заморозки творогу 2 (права):

Від стін:

$$Q_{\text{IT(ПН)}} = 0.189 \cdot (6 \cdot 5)(12 + 30) \cdot 10^{-3} = 0.227 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{IT(ПД)}} = 0.439 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (30 - 15) \cdot 10^{-3} = 0.198 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$Q_{IT(CX)} = 0.173 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (30 + 20) \cdot 10^{-3} = 0.26 \text{ кВт}$$

$$Q_{IT(ЗХ)} = 0.234 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (30 + 10) \cdot 10^{-3} = 0.281 \text{ кВт}$$

$$Q_{IT(ЗАГАЛЬНЕ)} = 0.227 + 0.198 + 0.26 + 0.281 = 0.966 \text{ кВт}$$

**Від стелі:**

$$Q_{ICT} = 0.19 \cdot (6 \cdot 6) \cdot (32 + 30) \cdot 10^{-3} = 0.424 \text{ кВт}$$

**Від ґрунту:**

**Маємо підігрів**

$$Q_{IP} = 0.199 \cdot (6 \cdot 6) \cdot (1 + 32) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.236 \text{ кВт}$$

**Від сонячної радіації:**

$$Q_{IC(покрівля)} = 0.19 \cdot 36 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.102 \text{ кВт}$$

**Загальні:**

$$Q_1 = 0.966 + 0.424 + 0.236 + 0.102 = 1.728 \text{ кВт}$$

**Камера зберігання творогу 1 (верхня):**

**Від стін:**

$$Q_{IT(ПН)} = (0.28 \cdot (12 \cdot 5)(25 + 10) \cdot 10^{-3}) + (0.439 \cdot (12 \cdot 5)(25 - 20) \cdot 10^{-3}) = 0.72 \text{ кВт}$$

**Приймаю умову що сусідня камера не працює**

$$Q_{IT(ПД)} = 0.435 \cdot (24 \cdot 5) \cdot (25 - 15) \cdot 10^{-3} = 0.552 \text{ кВт}$$

$$Q_{IT(CX)} = 0.173 \cdot (5 \cdot 12) \cdot (25 + 20) \cdot 10^{-3} = 0.467 \text{ кВт}$$

$$Q_{IT(ЗХ)} = 0.209 \cdot (5 \cdot 12) \cdot (25 + 12) \cdot 10^{-3} = 0.464 \text{ кВт}$$

$$Q_{IT(ЗАГАЛЬНЕ)} = 0.72 + 0.552 + 0.467 + 0.464 = 2.203 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Від стелі:

$$Q_{1CT} = 0.19 \cdot (12 \cdot 24) \cdot (32 + 25) \cdot 10^{-3} = 3.119 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

Маємо підігрів

$$Q_{1П} = 0.198 \cdot (12 \cdot 24) \cdot (1 + 32) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1.882 \text{ кВт}$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1C(\text{покрівля})} = 0.19 \cdot 288 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.815 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 2.203 + 3.119 + 1.882 + 0.815 = 8.019 \text{ кВт}$$

**Камера зберігання тварогу 2 (нижня):**

Від стін:

Приймаю умову що сусідня камера не працює

$$Q_{1T(ПН)} = 0.435 \cdot (24 \cdot 5) \cdot (25 - 15) \cdot 10^{-3} = 0.552 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(ПД)} = 0.173 \cdot (24 \cdot 5) \cdot (25 + 20) \cdot 10^{-3} = 0.934 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(СХ)} = 0.173 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (25 + 20) \cdot 10^{-3} = 0.234 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(ЗХ)} = 0.209 \cdot (5 \cdot 12) \cdot (25 + 12) \cdot 10^{-3} = 0.464 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T(\text{ЗАГАЛЬНЕ})} = 0.552 + 0.934 + 0.234 + 0.464 = 2.184 \text{ кВт}$$

Від стелі:

$$Q_{1CT} = 0.19 \cdot (12 \cdot 24) \cdot (32 + 25) \cdot 10^{-3} = 3.119 \text{ кВт}$$

Від ґрунту:

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>60</b>

## Маємо підігрів

$$Q_{1П} = 0.198 \cdot (12 \cdot 24) \cdot (1 + 32) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1.882 \text{ кВт}$$

## Від сонячної радіації:

$$Q_{1С(стіна)} = 0.19 \cdot 30 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0.034 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(покрівля)} = 0.19 \cdot 288 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.815 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(загальне)} = 0.034 + 0.815 = 0.849 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 2.184 + 3.119 + 1.882 + 0.849 = 8.034 \text{ кВт}$$

## Експедиція:

### Від стін:

$$Q_{1Г(ПН)} = 0.442 \cdot (54 \cdot 5) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 2.387 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ПД)} = (0.433 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (22 - 12) \cdot 10^{-3}) + (0.36 \cdot (18 \cdot 5) \cdot (20 - 12) \cdot 10^{-3}) = 0.389 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(СХ)} = 0.442 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.265 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗХ)} = 0.442 \cdot (6 \cdot 5) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 0.265 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Г(ЗАГАЛЬНЕ)} = 2.387 + 0.389 + 0.265 + 0.265 = 3.306 \text{ кВт}$$

### Від стелі:

$$Q_{1СТ} = 0.304 \cdot (5 \cdot 54) \cdot (32 - 12) \cdot 10^{-3} = 1.642 \text{ кВт}$$

### Від ґрунту:

$$Q_{1П(ЗОНА1)} = 0.47 \cdot (66 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1.241 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА2)} = 0.23 \cdot (2 \cdot 60) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.552 \text{ кВт}$$

$$Q_{1П(ЗОНА3)} = 0.12 \cdot (54 \cdot 2) \cdot (32 - 12) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0.259 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$Q_{1П(Загальне)} = 1.241 + 0.552 + 0.259 = 2.052$$

Від сонячної радіації:

$$Q_{1С(стіна)} = (0.442 \cdot (5 \cdot 6) \cdot 6 \cdot 10^{-3}) + (0.442 \cdot (5 \cdot 6) \cdot 7.2 \cdot 10^{-3}) = 0.175 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(покрівля)} = 0.19 \cdot 324 \cdot 14.9 \cdot 10^{-3} = 0.917 \text{ кВт}$$

$$Q_{1С(загальне)} = 0.175 + 0.917 = 1.092 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 3.306 + 1.642 + 2.052 + 1.092 = 8.092 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Назва камери	$F_{\text{кам}},$ м <sup>2</sup>	$t_{\text{кам}},$ °C	$Q_{1т},$ кВт	$Q_{1ст},$ кВт	$Q_{1п},$ кВт	$Q_{1с},$ кВт	$Q_1,$ кВт
№1 Камера зберігання пастеризованого молока	72	0	0.574	0.7	0.161	0.204	1.639
№2 Заморозки творогу(1)	36	-30	0.982	0.424	0.236	0.102	1.744
№3 Камера заморозки творогу(2)	36	-30	0.966	0.424	0.236	0.102	1.728
№4 Камера зберігання замороженого творогу(1)	288	-25	2.203	3.119	1.882	0.815	8.019
№5 Камера зберігання замороженого творогу(2)	288	-25	2.184	3.119	1.882	0.849	8.034
№6 Камера дозрівання сиру(1)	432	+12	2.096	2.627	1.423	1.507	7.653
№7 Камера дозрівання сиру(2)	288	+12	1.386	1.751	0.696	1.005	4.838
№8 Камера зберігання сиру(1)	216	-3	1.675	2.298	0.529	0.611	5.113
№ 9 Камера зберігання сиру(2)	216	-3	1.675	2.298	0.529	0.611	5.113
№10 Експедиція	324	+12	3.306	1.642	2.052	1.092	8.092

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

63

## 7.2 Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів.

7.2.1. Розраховуюю теплопритік при термічній обробці продуктів за формулою:

$$Q_2 = Q_{2IP} + Q_{2II} + Q_{2T}$$

7.2.1 Знаходжу теплопритік при до охолоджені продуктів за формулою:

$$Q_{2IP} = M_{IP} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}$$

де  $M_{IP}$  - денне надходження продукту,

$\Delta i$  - різниця ентальпій при початковій і кінцевій температурах.

7.2.3. Знаходжу теплопритік від продуктів при холодильній обробці в камерах зберігання і заморозки за формулою:

$$Q_{2II} = 1.3 \cdot M_{IP} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600}$$

$\tau_{обр}$  - термін холодильної обробки.

7.2.4. Знаходжу теплопритік від тари за формулою:

$$Q_{2T} = M_T \cdot C_T \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}$$

де  $M_T$  - добове надходження тари,

$C_T$  - теплоємність тари,

$t_1, t_2$  - початкова і кінцева температура тари.

**Камера зберігання молока, кефіру та йогуртів:**

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$Q_{2ПР} = 35 \cdot (342.5 - 318) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 9.925 \text{ кВт}$$

$$Q_{2Т} = 7 \cdot 2.3 \cdot (6 - 0) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 1.118 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 9.925 + 1.118 = 11.043 \text{ кВт}$$

### Камера заморозки творогу:

$$Q_{2П} = 1.3 \cdot 21 \cdot (326.9 - 26.8) \cdot \frac{10^3}{9 \cdot 3600} = 252.862 \text{ кВт}$$

$$Q_{2Т} = 4.2 \cdot 2.3 \cdot (8 + 15) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 6.857 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 252.862 + 6.857 = 259.719 \text{ кВт}$$

### Камера зберігання замороженого творогу №1 та №2:

$$Q_{2П} = 10.5 \cdot (26.8 - 0) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 3.257 \text{ кВт}$$

$$Q_{2Т} = 2.1 \cdot 2.3 \cdot (-15 + 25) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 0.559 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 3.257 + 0.559 = 3.816 \text{ кВт}$$

### Камера зберігання сиру №1 та №2:

$$Q_{2П} = 7 \cdot (53.2 - 11.2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 3.403 \text{ кВт}$$

$$Q_{2Т} = 1.4 \cdot 2.3 \cdot (12 + 3) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 0.559 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 3.403 + 0.559 = 3.962 \text{ кВт}$$

### Камера дозрівання сиру №1:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$Q_{2II} = 12.6 \cdot (61.3 - 53.2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 1.181 \text{ кВт}$$

$$Q_{2T} = 2.52 \cdot 2.3 \cdot (15 - 12) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 0.201 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 1.181 + 0.201 = 1.382 \text{ кВт}$$

### Камера дозрівання сиру №2:

$$Q_{2II} = 8.4 \cdot (61.3 - 53.2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 0.787 \text{ кВт}$$

$$Q_{2T} = 1.68 \cdot 2.3 \cdot (15 - 12) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 0.134 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 0.787 + 0.134 = 0.921 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Назва камери	$t_{\text{кам}}$ , °C	$M_{\text{пр}}$ , т/добу	$M_{\text{т}}$ , т/добу	$t_{\text{п}}$ , °C	$t_{\text{к}}$ , °C	$i_{\text{п}}$ , кДж/кг	$i_{\text{к}}$ , кДж/кг	$C_{\text{т}}$ , кДж/ /кгК	$\tau$ , год	$Q_{2\text{п}}$ , кВт	$Q_{2\text{т}}$ , кВт	$Q_2$ , кВт
№1 Камера зберігання пастеризованого молока	0	35	7	6	0	342.5	318	2.3	24	9.925	1.118	11.043
№2 Заморозки творогу(1)	-30	21	4,2	8	-15	326.9	26.8	2.3	9	252.8 62	6.857	259.71 9
№3 Камера заморозки творогу(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№4 Камера зберігання замороженого творогу(1)	-25	10.5	2.1	-15	-25	26.8	0	2.3	24	3.257	0.559	3.816
№5 Камера зберігання замороженого творогу(2)	-25	10.5	2.1	-15	-25	26.8	0	2.3	24	3.257	0.559	3.816
№6 Камера дозрівання сиру (1)	12	12.6	2.52	15	12	61.3	53.2	2.3	24	1.181	0.201	1.382
№7 Камера дозрівання сиру (2)	12	8.4	1.68	15	12	61.3	53.2	2.3	24	0.787	0.134	0.921
№8 Камера зберігання сиру(1)	-3	7	1.4	12	-3	53.2	11.2	2.3	24	3.403	0.559	3.962
№ 9 Камера зберігання сиру(2)	-3	7	1.4	12	-3	53.2	11.2	2.3	24	3.403	0.559	3.962

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

67

### 7.3 Розрахунок експлуатаційних теплопритоків.

#### 7.3.1. Розраховую експлуатаційні теплопритоки за формулою:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

де  $q_1$  - теплопритоки від освітлення,

$q_2$  - теплопритоки від людей,

$q_3$  - теплопритоки від працюючих електродвигунів,

$q_4$  - теплопритоки від відкривання дверей.

#### 7.3.2. Знаходжу теплопритік від освітлення за формулою:

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3}$$

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

$F$  - площа камери.

#### 7.3.3. Знаходжу теплопритік від перебування людей за формулою:

$$q_2 = 0.35 \cdot n$$

де  $n$  – число людей працюючих в приміщенні.

#### 7.3.4. Знаходжу теплопритік від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_e \cdot \eta_e$$

де  $N_e$  - сумарна потужність електродвигунів,

$\eta_e$  - ККД електродвигуна.

#### 7.3.5. Знаходимо теплопритік від відкривання дверей за формулою:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3}$$

де  $K$  - питомий теплопритік від відкриття дверей,

$F$  - площа камери.

### **Камера зберігання молока, кефіру та йогуртів:**

$$q_1 = 2.3 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0.166 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 2 = 0.7 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 3 \cdot 0.85 = 2.55 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 15 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 1.08 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 0.166 + 0.7 + 2.55 + 1.08 = 4.44 \text{ кВт}$$

### **Камера заморозки творогу №1 та №2:**

$$q_1 = 4.7 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0.17 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 2 = 0.7 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 8 \cdot 0.85 = 6.8 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 32 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 1.15 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 0.17 + 0.7 + 6.8 + 1.15 = 8.82 \text{ кВт}$$

### **Камера зберігання замороженого творогу №1 та №2:**

$$q_1 = 2.3 \cdot 288 \cdot 10^{-3} = 0.662 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 3 = 1.05 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 4 \cdot 0.85 = 3.4 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 12 \cdot 288 \cdot 10^{-3} = 3.456 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$Q_4 = 0.662 + 1.05 + 3.4 + 3.456 = 8.568 \text{ кВт}$$

### Камера дозрівання сиру №1:

$$q_1 = 2.3 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 0.994 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 3 = 1.05 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 4 \cdot 0.85 = 3.4 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 12 \cdot 288 \cdot 10^{-3} = 3.456 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 0.994 + 1.05 + 3.4 + 3.456 = 8.9 \text{ кВт}$$

### Камера дозрівання сиру №2:

$$q_1 = 2.3 \cdot 288 \cdot 10^{-3} = 0.662 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 3 = 1.05 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 4 \cdot 0.85 = 3.4 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 12 \cdot 288 \cdot 10^{-3} = 3.456 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 0.662 + 1.05 + 3.4 + 3.456 = 8.568 \text{ кВт}$$

### Камера зберігання сиру №1 та №2:

$$q_1 = 2.3 \cdot 216 \cdot 10^{-3} = 0.497 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 3 = 1.05 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 4 \cdot 0.85 = 3.4 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 12 \cdot 288 \cdot 10^{-3} = 3.456 \text{ кВт}$$

$$Q_4 = 0.497 + 1.05 + 3.4 + 3.456 = 8.403 \text{ кВт}$$

### Експедиція:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$q_1 = 4.7 \cdot 324 \cdot 10^{-3} = 1.523 \text{ κBm}$$

$$q_2 = 0.35 \cdot 4 = 1.4 \text{ κBm}$$

$$q_3 = 4 \cdot 0.85 = 3.4 \text{ κBm}$$

$$q_4 = 20 \cdot 324 \cdot 10^{-3} = 6.48 \text{ κBm}$$

$$Q_4 = 1.523 + 1.4 + 3.4 + 6.48 = 12.803 \text{ κBm}$$

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Назва камери	F <sub>d</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
№1 Камера зберігання пастеризованого молока	72	2.3	0.166	2	0.7	3	2.55	15	1.08	4.44
№2 Заморозки творогу(1)	36	4.7	0.17	2	0.7	4	6.8	32	1.15	8.82
№3 Камера заморозки творогу(2)	36	4.7	0.17	2	0.7	4	6.8	32	1.15	8.82
№4 Камера зберігання замороженого творогу(1)	288	2.3	0.662	3	1.05	4	3.4	12	3.456	8.568
№5 Камера зберігання замороженого творогу(2)	288	2.3	0.662	3	1.05	4	3.4	12	3.456	8.568
№6 Камера дозрівання сиру (1)	432	2.3	0.994	3	1.05	4	3.4	12	3.456	8.9
№7 Камера дозрівання сиру (2)	288	2.3	0.662	3	1.05	4	3.4	12	3.456	8.568
№8 Камера зберігання сиру(1)	216	2.3	0.497	3	1.05	4	3.4	12	3.456	8.403
№ 9 Камера зберігання сиру(2)	216	2.3	0.497	3	1.05	4	3.4	12	3.456	8.403
№10 Експедиція	324	4.7	1.523	4	1.4	4	3.4	20	6.48	12.803

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

72

Назва камери	Q <sub>1</sub> , кВт	Q <sub>2</sub> кВт	Q <sub>4</sub> кВт	Навантаження на камерне обладнання
№1 Камера зберігання пастеризованого молока	1.639	11.043	4.44	17.122
№2 Заморозки творогу(1)	1.744	259.719	8.82	270.2
№3 Камера заморозки творогу(2)	1.728		8.82	
№4 Камера зберігання замороженого творогу(1)	8.019	3.816	8.568	20.403
№5 Камера зберігання замороженого творогу(2)	8.034	3.816	8.568	20.418
№6 Камера дозрівання сиру (1)	7.653	1.382	8.9	17.939
№7 Камера дозрівання сиру (2)	4.838	0.921	8.568	14.327
№8 Камера зберігання сиру(1)	5.113	3.962	8.403	17.478
№ 9 Камера зберігання сиру(2)	5.113	3.962	8.403	17.478
№10 Експедиція	8.092	-	12.803	20.859

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

73

## 8. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресор

Навантаження на компресор  $Q_{KM}$  складається із усіх видів теплопритоків, але в ряді випадків їх можна враховувати не повністю, а частково.

На підприємствах молочної промисловості теплове навантаження визначається графіком роботи технологічних апаратів і характеризується великою нерівномірністю на протязі доби.

Навантаження на компресор розраховуємо по наближеному методу рекомендованому для холодильників з великою кількістю камер (споживачів холоду).

Навантаження на компресор від теплопритоку через огороження приймають:

$$Q_{1KM} = 0.9Q_1$$

Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{1KM} = 0.9Q_1 - \text{для камер термообробки, Вт};$$

$$Q_{1KM} = 0.9Q_1 - \text{для камер зберігання охолоджених вантажів, Вт};$$

$$Q_{1KM} = 0.9Q_1 - \text{для камер зберігання заморожених вантажів, Вт.}$$

Навантаження на компресор від експлуатаційних теплопритоків приймають:

$$Q_{4KM} = 0.75 \cdot Q_4 - \text{для всіх камер, Вт.}$$

Навантаження на компресор визначаю за формулою:

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$$Q_{KM(ЗАГ)} = k \cdot \frac{\sum Q_{KM}}{b}$$

Температуру кипіння холодоагенту при проектуванні установок з безпосереднім охолодженням приймають на 5...10°C нижче температури в камері.

Маємо камери зберігання, дозрівання та замороження, які працюють з температурою +12°C(експедиція, камера визрівання сиру), 0°C(камера зберігання молока, кефіру та йогуртів), -3°C(камера зберігання сиру), -25°C(камера зберігання замороженого творогу), -30°C(камера заморозки творогу).

Згрупуємо камери таким чином, щоб число розрахункових температур кипіння на холодильнику не перевищувало трьох:

$t_{01} = -2^{\circ}\text{C}$  – для охолодження проміжного холодоносія «льодяна» вода  $t_0 = 1^{\circ}\text{C}$ .

$t_{01} = -8^{\circ}\text{C}$  - для камер зберігання сиру, молока кефіру та йогуртів, визрівання сиру, експедиції . Хоча температура в камері визрівання сиру та експедиції сильно відрізняється від температур в камерах зберігання молока та кефіру, враховуючи невисокі значення необхідних холодопродуктивностей у ці камери, прийmemo, що охолоджуватися вони будуть за допомогою гліколю, який в свою чергу буде охолоджувати хладагент  $-8^{\circ}\text{C}$ .

$t_{01} = -38^{\circ}\text{C}$  - для камери замороження творогу, зберігання творогу. враховуючи, що навантаження на камери зберігання замороженого творогу зовсім невелике (складає менше 10% холодопродуктивності камер заморожування, прийmemo, що ці камери теж будуть на системі -38C з регулятором температури кипіння до  $-30^{\circ}\text{C}$ .

									Арк.
									75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = -2^\circ\text{C}$  проміжний холодоносії «льодяна» вода  $t_0 = 1^\circ\text{C}$ .

1. Прийомка молока ( $30 \rightarrow 2^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{ПР}} = 1.3 \cdot M \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600}$$

$$Q_{\text{ПР}} = 1.3 \cdot 70 \cdot (437 - 327) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 463.426 \text{ кВт}$$

2. Охолодження після пастеризації ( $30 \rightarrow 4^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{мол}} = 1.3 \cdot M \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600}$$

$$Q_{\text{мол}} = 1.3 \cdot 21 \cdot (437 - 334) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 130.181 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{визр.кеф_та_йог}} = 1.3 \cdot 14 \cdot (118 - 16) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 85.95 \text{ кВт}$$

3. Охолодження сиру після відпресування ( $30 \rightarrow 8^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{ТВ}} = 1.3 \cdot M \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600}$$

$$Q_{\text{ТВ}} = 1.3 \cdot 21 \cdot (405 - 327) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 98.583 \text{ кВт}$$

Побудуємо графік теплонадходжень від процесів охолодження льодяної води, яка іде на процеси охолодження молока після прийомки, молока та кефіру після пастеризації, сиру після відпресування з розбивкою по годинам на протязі доби.

Рис. 1. Графік холодонавантаження:

7-10, 18-21 год – прийомка молока;

8-11, 19-22 год – пастеризація молока і кефіру;

9-12, 20-23 год – охолодження відпресованого сиру

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



З графіку добового навантаження вибираємо максимальну необхідну холодопродуктивність і за цим параметром вибираємо компресорне обладнання.

$$Q_{KM1(-2)} = 778 \text{ кВт}$$

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

Камери зберігання упакованої продукції та експедиція:

$$Q_{\text{мол\_кеф\_йог}} = 0.9 \cdot 1.639 + 0.6 \cdot 11.043 + 0.75 \cdot 4.44 = 11.431 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{збер\_сиру1}} = 0.9 \cdot 5.113 + 0.6 \cdot 3.962 + 0.75 \cdot 8.403 = 13.281 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{збер\_сиру2}} = 0.9 \cdot 5.113 + 0.6 \cdot 3.962 + 0.75 \cdot 8.403 = 13.281 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{визр\_сиру1}} = 0.9 \cdot 7.653 + 0.6 \cdot 1.382 + 0.75 \cdot 8.9 = 14.392 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{визр\_сиру2}} = 0.9 \cdot 4.838 + 0.6 \cdot 0.921 + 0.75 \cdot 8.568 = 11.333 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{експ.}} = 0.9 \cdot 8.092 + 0.75 \cdot 12.803 = 16.885 \text{ кВт}$$

$$Q_{KM2(-8)} = 1.05 \cdot \frac{11.431 + 13.281 + 13.281 + 14.392 + 11.333 + 16.885}{0.9} = 94.037 \text{ кВт}$$

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк. <b>77</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

$$t_0 = -35^\circ\text{C}.$$

$$Q_{\text{замор\_твор}} = 0.9 \cdot 1.744 + 0.6 \cdot 259.791 + 0.75 \cdot 8.82 = 164.059 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{збер\_твор1}} = 0.9 \cdot 8.019 + 0.6 \cdot 3.816 + 0.75 \cdot 8.568 = 15.933 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{збер\_твор2}} = 0.9 \cdot 8.034 + 0.6 \cdot 3.816 + 0.75 \cdot 8.568 = 15.946 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{КМ3(-35)}} = 1.09 \cdot \frac{164.059 + 15.933 + 15.946}{0.9} = 237.303 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

## 9. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Правильно вибраний температурний режим роботи холодильної установки визначає її ефективність та економічність.

Режим роботи характеризується температурами кипіння, конденсації, переохолодження та всмоктування.

Приймаю дві системи охолодження:

- одноступеневу аміачну схему для отримання льодяної води (чілер), яка іде на технологічні процеси. Охолодження конденсаторів відбувається в кожухотрубному горизонтальному конденсаторі. Компресори поршневі. Температура кипіння  $-2^{\circ}\text{C}$ , температура конденсації  $35^{\circ}\text{C}$ , температура льодяної води  $1^{\circ}\text{C}$ .

- двоступеневу фреонову схему з регулятором тиску кипіння ( $-28^{\circ}\text{C}$ ) для підтримання потрібного температурного режиму в камерах зберігання сиру, зберігання молока, кефіру та йогуртів, визрівання сиру, зберігання замороженого творогу, а також для камери замороження творогу. Температури кипіння  $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-28^{\circ}\text{C}$ ,  $-35^{\circ}\text{C}$  температура конденсації  $35^{\circ}\text{C}$ .

									Арк.
									79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

## 10. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок

### Побудова циклу та розрахунок аміачної холодильної машини (чілер)

Температура конденсації залежить від температури і кількості води, що подається на конденсатор. Температуру конденсації для установок з водяним охолодженням конденсатора приймають на  $(2 \div 4)^\circ\text{C}$  вище температури води, що виходить з конденсатора:

$$t_K = t_{w2} + (2 \div 4)^\circ\text{C} = t_{w1} + \Delta t_w + (2 \div 4)^\circ\text{C}$$

При оборотній системі водопостачання температуру воду  $t_{w2}$  та  $t_{w1}$  визначають розрахунковими параметрами навколишнього середовища та величиною коефіцієнта ефективності охолодника оборотної води:

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{MT}}$$

де коефіцієнт ефективності охолодника залежить від його типу і може бути визначений за такими даними: для плівкової градирні  $\eta = (0,75 \div 0,85)$ , приймаю  $\eta = 0,8$ .

$$\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 5^\circ\text{C};$$

Тип конденсатора кожухотрубний.

Для м. Фастів температура мокрого термометра при  $\Delta t_c = 32^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 72\%$ ,  $\Delta t_{MT} = 26^\circ\text{C}$

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

тоді

$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{m.m.} = \frac{5}{0,8} + 26 = 32,2^\circ\text{C};$$

$$t_k = t_{w2} + \left( \frac{t_k - t_{w2}}{4} \right) = 32,2 + 3 = 35^\circ\text{C}.$$

Перегрівання пари холодильного агента приймаю  $2^\circ\text{C}$ .

Будуємо цикл в  $\lg P-h$  діаграмі для R717. Значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл. 9.1

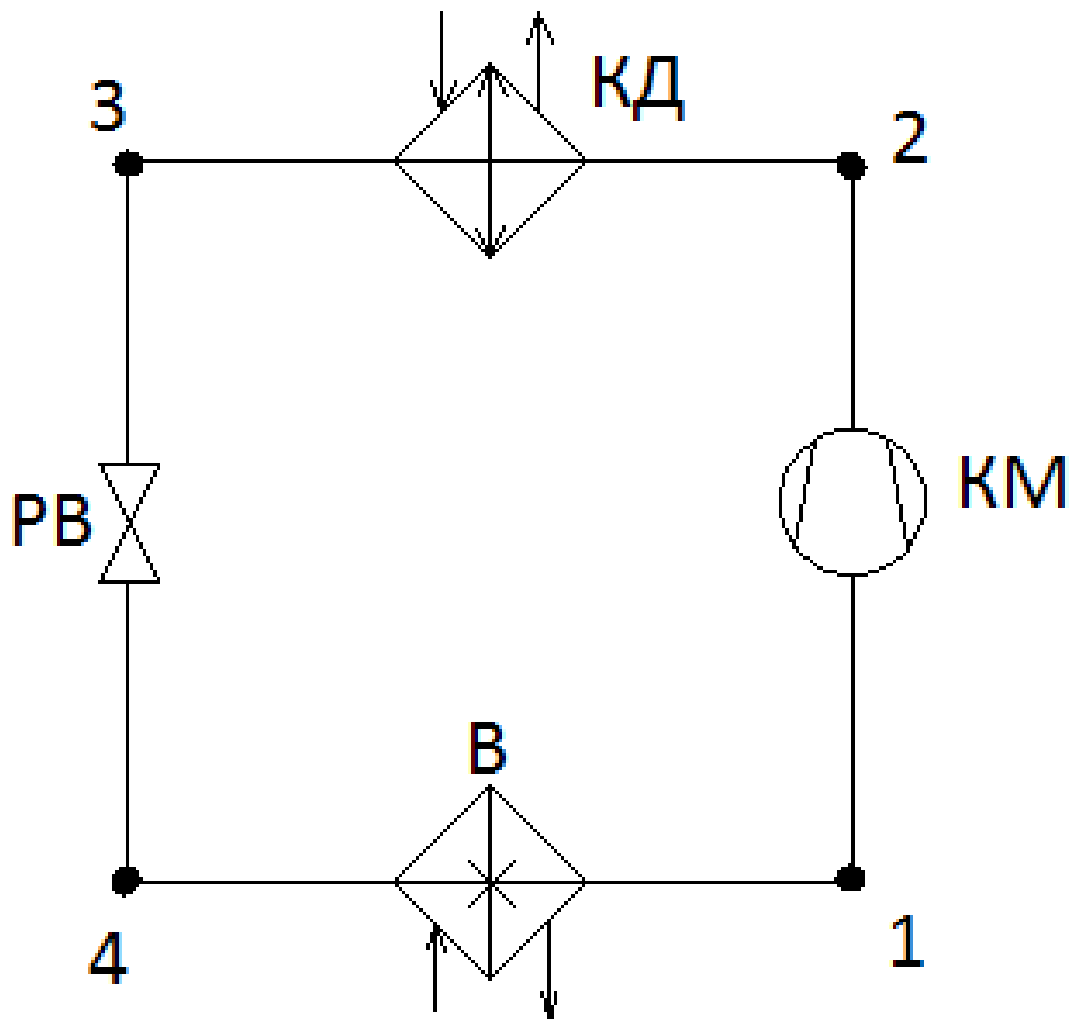
№ точки	t, °C	p, бар	u, м³/кг	h, кДж/кг
1'	-2	3.96	-	1458
1	0	3.96	0.3134	1463
2	87.4	13.5	0.1212	1639
3	35	13.5	-	362.5
4	-2	3.96	-	362.5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

81

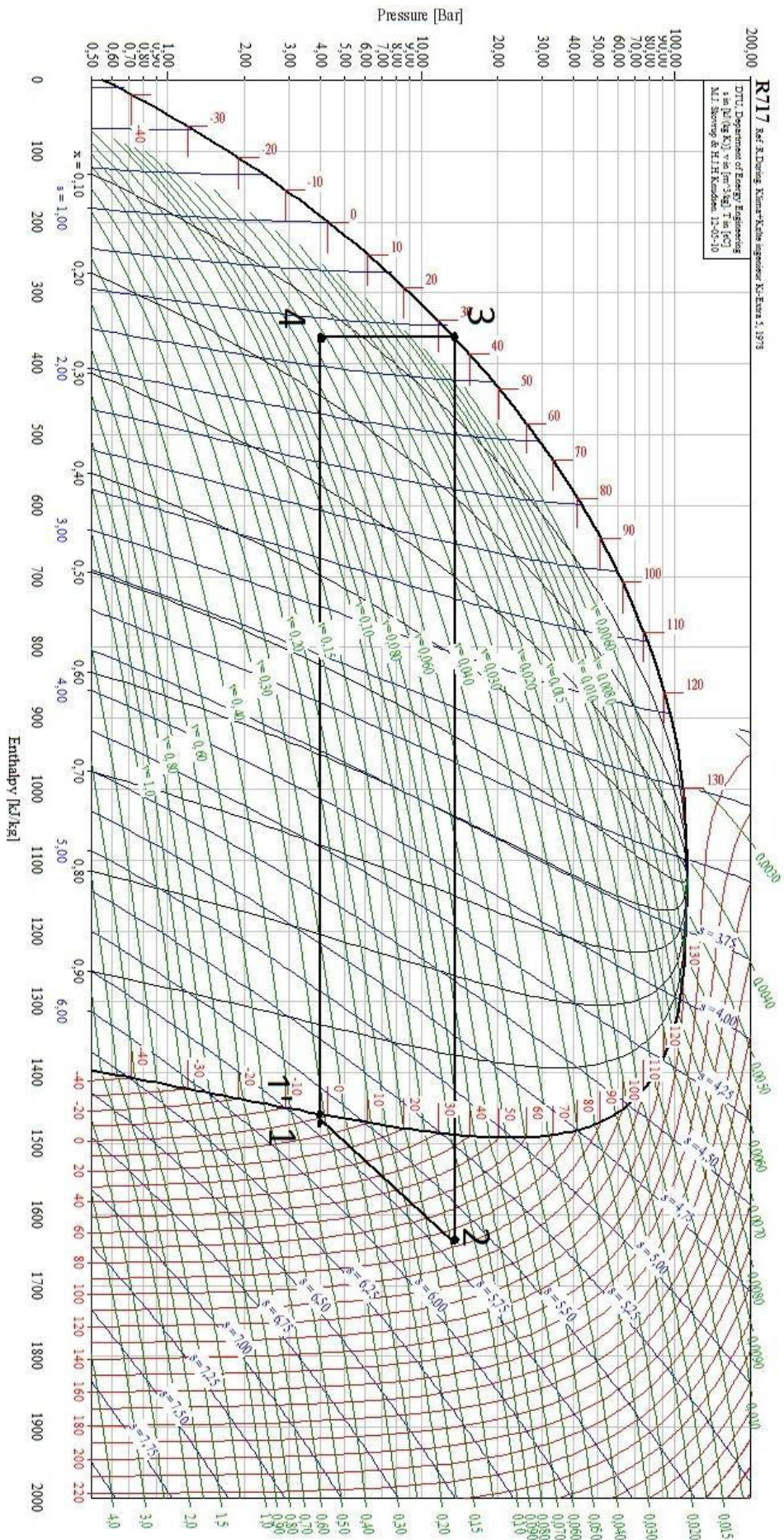


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

82



R717 Ref. R. Döring, Ximara-Klein, Ingenieurbüro für Druck 1.1978  
 DTU, Department of Energy Engineering  
 1. st. fl. (4th fl.) v. 16. (m. 154) Tm 1603  
 M.I. Steing, 6. H.H. Knudsen, 12-02-10

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Питома масова продуктивність холодильного агента,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  :

$$q_0 = i_1 - i_4$$

$$q_0 = 1458 - 362.5 = 1095 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома робота стиснення в компресорі,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  :

$$l_1 = i_2 - i_1$$

$$l_1 = 1639 - 1463 = 176 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  :

$$q_k = i_2 - i_4$$

$$q_k = 1639 - 362.5 = 1276.5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агента, потрібного для відводу теплопритоків,  $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$  :

$$M_T = \frac{Q_{от}}{q_0} ,$$

$$M_T = \frac{778}{1095} = 0.711 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де  $Q_{от}$  - потрібна холодопродуктивність компресора.

Потрібна теоретична об'ємна продуктивність компресора,  $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$  :

$$V_T = \frac{M_T \cdot v_1}{\lambda}$$

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$\lambda$  - вибрав із графіку(для поршневих)

$$V_T = \frac{0.711 \cdot 0.3134}{0.7} = 0.318 \frac{m^3}{c}$$

Приймаю 3 компресори Grasso 610

Модель	Кількість циліндрів	Теоретична подача при макс. об/хв	Довжина	Ширина	Висота	Маса(без двигуна)
	шт.	м <sup>3</sup> /с	мм	мм	мм	кг
Grasso 610	6	0.117	1125	890	815	725

Дійсна масова витрата холодоагенту в КМ,  $\frac{кг}{c}$  :

$$M_{KM} = \frac{\lambda \cdot V_{KM}}{\nu_1}$$

$$M_{KM} = \frac{0.7 \cdot 0.117}{0.3134} = 0.261 \frac{кг}{c}$$

$$0.261 \cdot 3 = 0.783 \frac{кг}{c}$$

Дійсна холодопродуктивність КМ:

$$Q_0 = M_{KM} \cdot q_0$$

$$Q_0 = 0.261 \cdot 1095 = 285.795 \text{ кВт}$$

$$285.795 \cdot 3 = 857.385 \text{ кВт}$$

Потужність компресора:

Теоритична потужність стиснення, кВт :

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

$$N_T = M_{KM} \cdot l_t$$

$$N_T = 0.261 \cdot 176 = 45.936 \text{ кВт}$$

$$45.936 \cdot 3 = 137.808 \text{ кВт}$$

де  $l_t$  - питома робота стиснення в компресорі.

Дійсна потужність стиснення:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i}$$

де  $\eta_i$  - індикаторний ККД, приймаю 0.8.

$$N_i = \frac{45.936}{0.8} = 57.42 \text{ кВт}$$

$$57.42 \cdot 3 = 172.26 \text{ кВт}$$

Потужність на валу компресора(ефективну потужність)

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{мех}}$$

де  $\eta_{мех}$  - механічний ККД компресора, приймаю 0.9

$$N_e = \frac{57.42}{0.9} = 63.8 \text{ кВт}$$

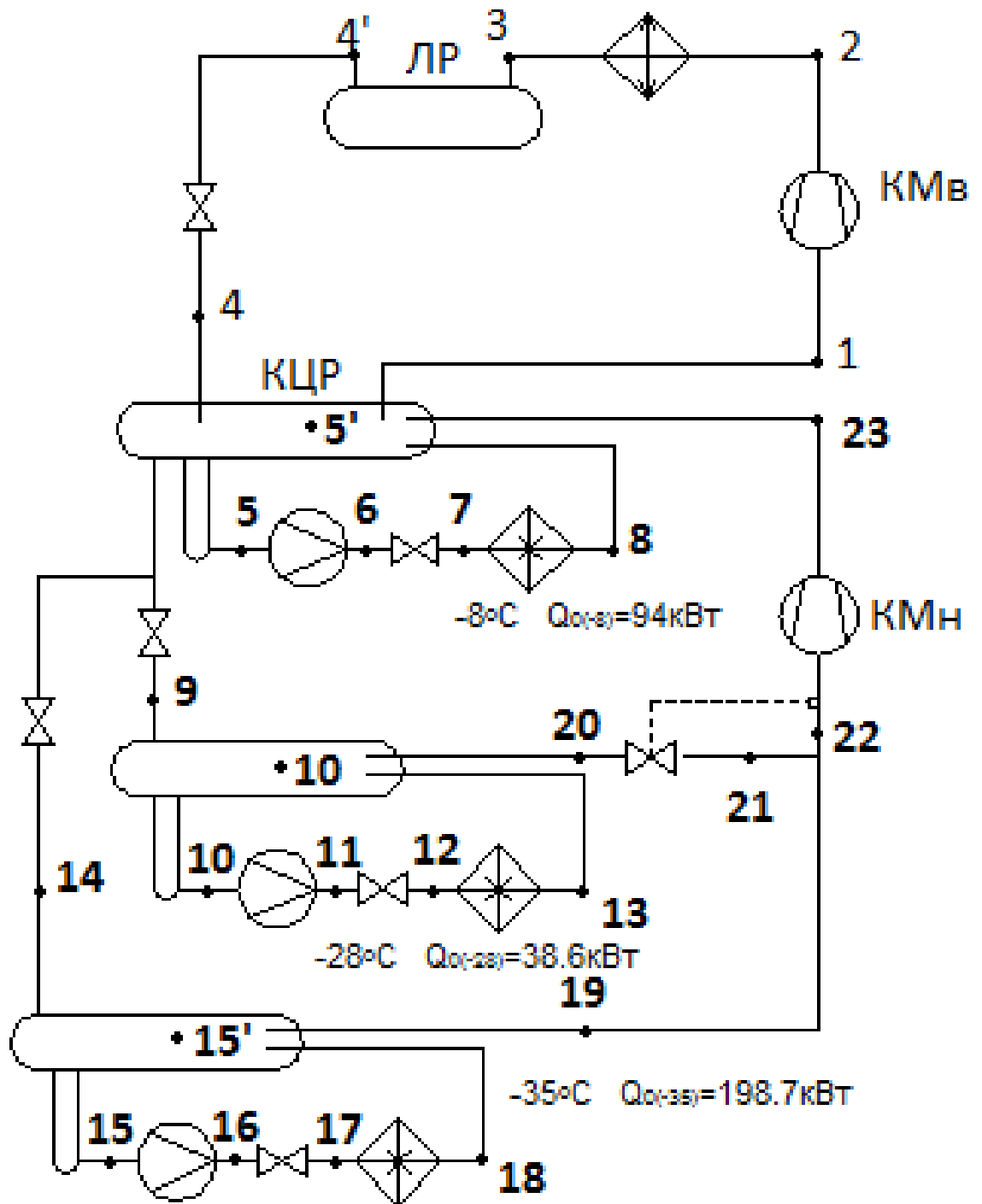
$$63.8 \cdot 3 = 191.4 \text{ кВт}$$

Визначаємо електричну потужність, тобто потужність яку електродвигун споживає з мережі:

$$N_{\text{э}} = \frac{N_e}{\eta_{ел}}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

88



№ точки	t, °C	p, бар	u, м <sup>3</sup> /кг	h, кДж/кг
1	-8	4.8	0.045	367
2	47	17	-	395
3	35	17	-	250
4	-8	4.8	-	250
5	-8	4.8	-	190
9	-28	2.3	-	190
10	-28	2.3	-	155
12	-28	2.3	-	155
13	-35	1.8	-	150
14	-35	1.8	-	190
17	-35	1.8	-	150
19	-35	1.8	-	347
20	-28	2.8	-	348
21	-28	1.8	-	350
22	-32	1.8	0.12	347
23	8	4.8	-	375

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.018.ПЗ

Арк.

90

Холодопродуктивності по температурам кипіння:

$$Q_{0(-8)} = 94 \text{ кВт} \quad Q_{0(-28)} = 38.6 \text{ кВт} \quad Q_{0(-35)} = 198.7 \text{ кВт}$$

Питома робота стиснення к КМ:

Висока ступінь:

$$l_t = i2 - i1$$

$$l_t = 395 - 362 = 33 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Низька ступінь:

$$l_t = i23 - i22 = 375 - 345 = 30 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Масова витрата холодильного агента, який треба відводити від циркуляційних ресиверів,  $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$ :

$$M_{(-35)} = \frac{Q_0}{h19 - h17}$$

$$M_{(-35)} = \frac{198.7}{347 - 157} = 1.046 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{(-28)} = \frac{Q_0}{h20 - h12}$$

$$M_{(-28)} = \frac{38.6}{350 - 155} = 0.2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{(-8)} = \frac{Q_0}{h1 - h7}$$

$$M_{(-8)} = \frac{94}{365 - 190} = 0.537 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Масовий потік:

$$m_{(-35)} = \frac{M_{(-35)}}{1 - x_{14}}$$

$$m_{(-35)} = \frac{1.046}{1 - 0.18} = 1.276 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$m_{(-28)} = \frac{M_{(-28)}}{1 - x_9}$$

$$m_{(-28)} = \frac{0.2}{1 - 0.15} = 0.235 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Знаходжу ентальпію в точці змішування потоків 22:

$$h_{22} = \frac{m_{(-35)} \cdot h_{19} + m_{(-28)} \cdot h_{21}}{m_{(-35)} + m_{(-28)}}$$

$$h_{22} = \frac{1.276 \cdot 347 + 0.235 \cdot 350}{1.276 + 0.235} = 347 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Коефіцієнт подачі:

$$\lambda_{(-35)} = \frac{238}{265} = 0.9$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_{i(-35)} = 0.9 + 0.025 \cdot (35) = 0.81$$

$$h_{23p} = h_{22} + \frac{h_{23a} - h_{12}}{\eta_{i(-35)}} = 375 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\eta_{i(-8)} = \frac{265}{308} = 0.86$$

$$h_{2p} = h_1 + \frac{h_{2a} - h_1}{\eta_{i(-8)}}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.018.ПЗ

Арк.

92



Дійсна масова витрата холодоагенту в КМ,  $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$  :

$$M_{\text{КМ}} = \frac{\lambda \cdot V_{\text{КМ}}}{\nu_1}$$

Висока ступінь:

$$M_{\text{КМ}} = \frac{0.7 \cdot 0.078}{0.045} = 1.21 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$1.21 \cdot 4 = 4.84 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Низька ступінь:

$$M_{\text{КМ}} = \frac{0.7 \cdot 0.078}{0.12} = 0.455 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$0.455 \cdot 3 = 1.365 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Потужність компресора:

Теоритична потужність стиснення,  $\text{кВт}$  :

$$N_T = M_{\text{КМ}} \cdot l_i$$

Висока ступінь:

$$N_i = 1.21 \cdot 33 = 39.93 \text{ кВт}$$

$$39.93 \cdot 4 = 159.72 \text{ кВт}$$

Низька ступінь:

$$N_i = 0.455 \cdot 30 = 13.65 \text{ кВт}$$

$$13.65 \cdot 3 = 40.95 \text{ кВт}$$

де  $l_i$  - питома робота стиснення в компресорі.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Дійсна потужність стиснення:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i}$$

де  $\eta_i$  - індикаторний ККД, приймаю 0.8.

Висока ступінь:

$$N_i = \frac{39.93}{0.8} = 31.944 \text{ кВт}$$

$$31.944 \cdot 4 = 127.776 \text{ кВт}$$

Низька ступінь:

$$N_i = \frac{13.65}{0.8} = 17.0625 \text{ кВт}$$

$$17.0625 \cdot 3 = 51.187 \text{ кВт}$$

Потужність на валу компресора(ефективну потужність)

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}}$$

де  $\eta_{\text{мех}}$  - механічний ККД компресора, приймаю 0.9

Висока ступінь:

$$N_e = \frac{31.994}{0.9} = 35.54 \text{ кВт}$$

$$35.54 \cdot 4 = 142.16 \text{ кВт}$$

Низька ступінь:

$$N_e = \frac{17.06}{0.9} = 18.95 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

$$18.95 \cdot 3 = 56.85 \text{ кВт}$$

Визначаємо електричну потужність, тобто потужність яку електродвигун споживає з мережі:

$$N_{\text{э}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}}$$

де  $\eta_{\text{ел}}$  - ККД електродвигуна приймаю 0.9

Висока ступінь:

$$N_{\text{э}} = \frac{35.54}{0.9} = 39.48 \text{ кВт}$$

Номінально на кожному компресорі має стояти двигун потужністю 39.48 кВт плюс запас 10%.

Приймаю 4 двигуни номінальною потужністю 45 кВт кожний.

Низька ступінь:

$$N_{\text{э}} = \frac{18.95}{0.9} = 21.055 \text{ кВт}$$

Номінально на кожному компресорі має стояти двигун потужністю 21.055 кВт плюс запас 10%.

Приймаю 3 двигуни номінальною потужністю 30 кВт кожний.

Навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = M_{\text{км}} \cdot (h_2 - h_3)$$

$$Q_{\text{кд}} = 4.84 \cdot (395 - 250) = 701.8 \text{ кВт}$$

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

# 11. Вибір теплообмінних апаратів

## Розрахунок аміачного кожухотрубного конденсатора

Розраховуємо середню логарифмічну різницю температур між холодильним агентом, що конденсується і охолоджуючим середовищем(оборотною водою):

$$\Delta t = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\ln \frac{t_{c2} - t_{w1}}{t_c - t_{w2}}} = \frac{33 - 28}{\ln \frac{35 - 28}{35 - 33}} = 4^\circ\text{C};$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_c}{k_c \cdot \Delta t} = \frac{1030 \cdot 10^3}{800 \cdot 4} = 321.875 \text{ м}^2$$

$k_c$  - коефіцієнт теплопередачі для кожухотрубного аміачного конденсатора;

Знаходимо витрату охолоджувальної води на конденсатор:

$$V_{wk} = \frac{Q_c}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_{wk}} = \frac{1030}{4,19 \cdot 1000 \cdot 4} = 0,061 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Вибираємо 3 кожухотрубних горизонтальних конденсаторів марки КГТ-125, площа теплопередачі яких  $F_c = 360 \text{ м}^2$ .

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

Марка	Площа внутрішньої теплообмінної поверхні	Габаритні розміри, мм				Маса, кг	Кількість
		Діаметр кожуха	Довжина	Ширина	Висота		
КГТ-125	120	800	5640	1110	1230	3540	3

### Розрахунок фреонового кожухотрубного конденсатора

Розраховуємо середню логарифмічну різницю температур між холодильним агентом, що конденсується і охолоджуючим середовищем (оборотною водою):

$$\Delta t = \frac{t_{\omega 2} - t_{\omega 1}}{\ln\left(\frac{t_k - t_{\omega 1}}{t_k - t_{\omega 2}}\right)} = \frac{33 - 28}{\ln\left(\frac{35 - 28}{35 - 33}\right)} = 4 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_{\text{КД}}}{k_k \cdot \Delta t} = \frac{701.8 \cdot 10^3}{2200 \cdot 4} = 79.75 \text{ } \text{м}^2;$$

$k_k$  - коефіцієнт теплопередачі для кожухотрубного фреонового конденсатора;

Знаходимо витрату охолоджувальної води на конденсатор:

$$V_{\omega k} = \frac{Q_{\text{КД}}}{c_{\omega} \cdot \rho_{\omega} \cdot \Delta t_{\omega k}} = \frac{701.8}{4.19 \cdot 1000 \cdot 4} = 0,041 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Вибираємо 2 кожухотрубних горизонтальних конденсатори марки КГТ-50, площа теплопередачі якого  $F_{\text{КД}} = 53 \text{ } \text{м}^2$ .

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Марк а	Площа внутрішньої теплообмін ної поверхні	Габаритні розміри, мм				Маса, кг	Кількість
		Діамет р кожука	Довжин а	Ширин а	Висо та		
КГТ- 50	53	600	4520	910	1000	1516	2

### Підбір пластинчастих теплообмінників для льодяної води

В цьому приладі охолоджуємо воду від 4°C до 1°C при кипінні аміаку -2°C.

Таким чином,  $\Delta t_{CP}$  буде дорівнювати

$$\Delta t_{CP} = \frac{(t_{XH1} - t_{XH2})}{\ln\left(\frac{(t_{XH1} - t_0)}{(t_{XH2} - t_0)}\right)}$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{(4 - 1)}{\ln \frac{4 + 2}{1 + 2}} = 4.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За даних умов приймаємо, коефіцієнт теплопередачі  $k=660\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Площа теплопередачі дорівнює:

$$F_B = \frac{Q_{Л.В.}}{k \cdot \Delta t_{CP}}$$

$$F_B = \frac{778 \cdot 10^3}{660 \cdot 4.3} = 274.13 \text{ м}^2$$

Таким чином, обираю пластинчастий теплообмінник Termo Wave TL-500, це достатньо для забезпечення необхідного режиму роботи установки. Технічні характеристики TL-500 наведено у табл.

Технічні дані випарника TL-500.

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Показник	Одиниці виміру	Значення
Площа зовнішньої поверхні	м <sup>2</sup>	280
Габаритні розміри		
довжина	мм	2500
ширина	мм	475
висота	мм	1745
Діаметр умовного проходу штуцерів		
для входу води	мм	200
для входу аміаку	мм	150
для виходу аміаку	мм	200
Об'єм аміаку	л	370
Маса	кг	4160

### Підбір пластинчастих теплообмінників для гліколю, який іде на високотемпературні камери

В цьому приладі охолоджуємо гліколь від 4°C до 0°C при кипінні фреону -8°C.

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

$$\Delta t_{CP} = \frac{(t_{XH1} - t_{XH2})}{\frac{\ln((t_{XH1} - t_0))}{(t_{XH2} - t_0)}}$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{(4 - 0)}{\frac{\ln((4 + 8))}{(0 + 8)}} = 2.66$$

За даних умов приймаємо, коефіцієнт теплопередачі  $k=2000$   $\tau/(m^2 \cdot K)$ .

Площа теплопередачі дорівнює:

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_B = \frac{Q_{Л.В.}}{k \cdot \Delta t_{CP}}$$

$$F_B = \frac{53.125 \cdot 10^3}{2000 \cdot 2.66} = 10 \text{ м}^2$$

Таким чином,обираю пластинчастий теплообмінник Termo Wave TL50

Технічні дані випарника

Показник	Одиниці виміру	Значення
Площа зовнішньої поверхні	м <sup>2</sup>	25
Габаритні розміри		
довжина	мм	2000
ширина	мм	335
висота	мм	685
Діаметр умовного проходу штуцерів		
для входу води	мм	40
для входу фреону	мм	25
для виходу фреону	мм	40
Об'єм фреону	л	30
Маса	кг	350

## 12. Вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

### Вибір повітроохолодників.

Камера зберігання молока, кефіру та йогуртів:

$$Q_{\text{кам}} = 17.122 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{\text{кам}}}{k_{\text{ох}} \cdot \Delta t}$$

$\Delta t = 8^\circ\text{C}$  - різниця між  $t_0$  і  $t_{\text{кам}}$

$k_{\text{ох}} = 35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$  – коефіцієнт теплопередачі фреонового повітроохолодника;

$$F = \frac{17122}{35 \cdot 8} = 61.15 \text{ м}^2$$

Обираю повітроохолодник типу Garcia Samara 170 B6

Типорозмір	170 B6
Крок ребра, мм	6
Об'єм, л	13.7
Номінальна потужність при $t_0 = -8^\circ\text{C}$ , кВт	16.9
Поверхня теплообміну, $\text{м}^2$	68
Витрата повітря куб. м/год	9900
Вентилятор	
кількість	3
діаметр, мм	400
Розміри, мм	
довжина	2090
ширина	530
висота	572
Маса, кг	68

Камера замороження творогу:

$$Q_{\text{кам}} = 270.2 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{\text{кам}}}{k_{\text{ох}} \cdot \Delta t}$$

$\Delta t = 5^\circ\text{C}$  – різниця між  $t_0$  і  $t_{\text{кам}}$ .

$k_{\text{ох}} = 40 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  - коефіцієнт теплопередачі фреонового повітроохолодника

$$F = \frac{270200}{40 \cdot 5} = 1351 \text{ м}^2$$

Обираю 3 повітроохолодники типу Garcia Samara LC 590 C

Типорозмір	LC 590 C
Крок ребра, мм	10
Об'єм, л	60
Номинальна потужність при $t_0 = -8^\circ\text{C}$ , кВт	90
Поверхня теплообміну, $\text{м}^2$	430
Вентилятор	
кількість	5
діаметр, мм	630
Розміри, мм	
довжина	5950
ширина	966
висота	1197
Маса, кг	380

Камера зберігання замороженого творогу №1 та №2:

$$Q_{\text{кам}} = 20.403 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{\text{кам}}}{k_{\text{ох}} \cdot \Delta t}$$

$\Delta t = 3^\circ\text{C}$  – різниця між  $t_0$  і  $t_{\text{кам}}$ .

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

$k_{ox} = 35 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  - коефіцієнт теплопередачі фреонового повітроохолодника

$$F = \frac{20403}{35 \cdot 3} = 194.3 \text{ м}^2$$

Обираю 2 повітроохолодники типу Garcia Camara LC 289 C

Типорозмір	LC 289 C
Крок ребра, мм	10
Об'єм, л	36.6
Номінальна потужність при $t_0 = -8^\circ\text{C}$ , кВт	28
Поверхня теплообміну, $\text{м}^2$	106
Вентилятор	
кількість	2
діаметр, мм	500
Розміри, мм	
довжина	2430
ширина	725
висота	945
Маса, кг	127

Камера зберігання сиру №1 та №2:

$$Q_{кам} = 17.478 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{кам}}{k_{ox} \cdot \Delta t}$$

$\Delta t = 5^\circ\text{C}$  – різниця між  $t_0$  і  $t_{кам}$ .

$k_{ox} = 35 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$  - коефіцієнт теплопередачі фреонового повітроохолодника

$$F = \frac{17478}{35 \cdot 5} = 99.8 \text{ м}^2$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Обираю 2 повітроохолодник типу Garcia Camara LC 136 B

Типорозмір	LC 136 B
Крок ребра, мм	7
Об'єм, л	14.4
Номінальна потужність при $t_0 = -8^\circ\text{C}$ , кВт	18
Поверхня теплообміну, $\text{м}^2$	54
Вентилятор	
кількість	1
діаметр, мм	500
Розміри, мм	
довжина	1430
ширина	725
висота	945
Підведення, мм	
вхід/вихід холодоагента	28
вихід холодоагента	42
Маса, кг	56

Експедиція:

$$Q_{\text{кам}} = 20.859 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{\text{кам}}}{k_{\text{ох}} \cdot \Delta t}$$

$\Delta t = 10^\circ\text{C}$  – різниця між  $t_0$  і  $t_{\text{кам}}$ .

$k_{\text{ох}} = 35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$  - коефіцієнт теплопередачі повітроохолодника

$$F = \frac{20859}{35 \cdot 10} = 59.6 \text{ м}^2$$

					00.KP.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Обираю 2 повітроохолодники типу Garcia Camara 75 B6

Типорозмір	75 B6
Крок ребра, мм	6
Номінальна потужність при $t_0 = -8^\circ\text{C}$ , кВт	7.4
Поверхня теплообміну, $\text{м}^2$	30
Об'єм труб, л	6.3
Вентилятор	
кількість	3
діаметр, мм	300
Розміри, мм	
довжина	1490
ширина	490
висота	400
Маса, кг	36

**Вибір батарей.**

Камера дозрівання сиру №1

$$Q_{\text{кам}} = 17.939 \text{ кВт}$$

$\Delta t = 10^\circ\text{C}$  – різниця між  $t_{\text{глік}}$  і  $t_{\text{кам}}$ .

$$F = \frac{17939}{6 \cdot 10} = 298.98 \text{ м}^2$$

До установки приймаємо 8 двухколекторних батарей С2К з площею теплообмінної поверхні  $39,1 \text{ м}^2$ ,  $A \times B \times C = 4250 \times 960 \times 160 \text{ мм}$ , число труб – 6, крок ребер – 20 мм, маса – 212 кг.

$$F_p = 39.1 \cdot 8 = 312.8 \text{ м}^2$$

Камера дозрівання сиру №2

$$Q_{\text{кам}} = 17.939 \text{ кВт}$$

$\Delta t = 10^\circ\text{C}$  – різниця між  $t_{\text{глік}}$  і  $t_{\text{кам}}$ .

$$F = \frac{17939}{6 \cdot 10} = 298.98 \text{ м}^2$$

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

До установки приймаємо 8 двухколекторних батарей С2К з площею теплообмінної поверхні 39,1 м<sup>2</sup>, А×В×С = 4250×960×160 мм, число труб – 6, крок ребер – 20 мм, маса – 212 кг.

$$F_p = 39.1 \cdot 8 = 312.8 \text{ м}^2$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

### 13. Розрахунок охолодника оборотної води

#### Розрахунок і вибір градирні для аміачної схеми.

Теплове навантаження градирні рівне тепловому навантаженню на конденсатор:

$$Q_{гр} = Q_c = 1030 \text{ кВт}$$

Знаходимо площу поперечного перерізу градирні:

$$q_F = 35 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2};$$

$$F_{п.п.} = \frac{Q_{гр}}{q_F} = \frac{1030}{35} = 29.42 \text{ м}^2;$$

Обираємо 3 вентиляторні градирні марки ГРАД-280, площа поперечного перерізу якої  $F_{гр} = 10 \text{ м}^2$ , загальна площа поперечного перерізу:

$$\sum F_{п.п.} = n \cdot F_{п.п.} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ м}^2;$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

## Характеристики вентиляторної градирні марки **ГРАД-280**:

Технічні характеристики градирні ГРАД-280	
Кількість охолоджуваної, м <sup>3</sup> /год	280
Площа поверхні зрошування, м <sup>2</sup>	1869
Розрахунковий тепловий потік при різниці температур по воді Δt=5°C, кВт	1620
Діапазон регулювання продуктивності, %	40-100
Площа зрошування, м <sup>2</sup>	10
Кількість форсунок, шт.	48
Кількість вентиляторів, шт.	1
Тип вентилятора	13-284
Діаметр робочого колеса, мм	1600
Частота обертів робочого колеса вентилятора, об/мин	1000
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	15,0
Рівень шуму на відстані 1 м, дБА	110
Напруга в мережі, В/Гц	380/50
Маса, кг	2230

Розрахунок і вибір градирні для фреонової схеми.

Теплове навантаження градирні рівне тепловому навантаженню на конденсатор:

$$Q_{zp} = Q_{KD} = 702 \text{ кВт.}$$

Знаходимо площу поперечного перерізу градирні:

$$q_F = 35 \text{ кВт/м}^2;$$

$$F_{п.п.} = \frac{Q_{zp}}{q_F} = \frac{700}{35} = 20 \text{ м}^2;$$

Обираємо 2 вентиляторні градирні марки **ГРАД-280**, площа поперечного перерізу якої  $F_{zp} = 10 \text{ м}^2$ , загальна площа поперечного перерізу:

$$\sum F_{п.п.} = n \cdot F_{п.п.} = 2 \cdot 10 = 30 \text{ м}^2;$$

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>109</b>

## Характеристики вентиляторної градирні марки **ГРАД-280**:

<b>Технічні характеристики градирні ГРАД-280</b>	
Кількість охолоджуваної, м <sup>3</sup> /год	280
Площа поверхні зрошування, м <sup>2</sup>	1869
Розрахунковий тепловий потік при різниці температур по воді $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ , кВт	1620
Діапазон регулювання продуктивності, %	40-100
Площа зрошування, м <sup>2</sup>	10
Кількість форсунок, шт.	48
Кількість вентиляторів, шт.	1
Тип вентилятора	13-284
Діаметр робочого колеса, мм	1600
Частота обертів робочого колеса вентилятора, об/мин	1000
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	15,0
Рівень шуму на відстані 1 м, дБА	110
Напруга в мережі, В/Гц	380/50
Маса, кг	2230

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>110</b>

## 14. Вибір допоміжного обладнання

### Лінійний ресивер (фреонова схема)

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

$$V_{лр} = 0,6 \cdot (V_{пв} \cdot V_{то})$$

$V_{пв}$  і  $V_{то}$  – внутрішній об'єм труб повітроохолодників та теплообмінників з гліколем.

Ємність повітроохолодників:

$$V_{пв} = 13,7 + 3 \cdot 60 + 2 \cdot 36,6 + 14,4 + 2 \cdot 6,3 = 293 \text{дм}^3 = 0,121 \text{м}^3$$

Ємність теплообмінника із гліколем:

$$V_{то} = 30 \text{дм}^3 = 0,03 \text{м}^3$$

До установки приймаємо 1 горизонтальний лінійний ресивер ТЕКО TSST 100.

Місткість 200 літрів, маса 208 кг

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Лінійний ресивер

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

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \times (V_{\text{То}})$$

$V_{\text{То}}$  – внутр. об'єм труб пластинчатого теплообмінника

$$V_{\text{ТВ}} = 13.7 + 3 * 60 + 2 * 36.6 + 14.4 + 2 * 6.3 = 293 \text{дм}^3 = 0.121 \text{м}^3$$

Ємність теплообмінника :

$$V_{\text{То}} = 370 \text{дм}^3 = 0.37 \text{м}^3$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \times (0.222) = 0.222 \text{м}^3$$

До установки приймаємо 1 горизонтальний лінійний ресивер ТЕКО 250

Модель	Місткість, л	Габаритні розміри			Маса
		Ширина	Глубина	Висота	
TSST 250	250				208

## Маслиловіддільники.

Маслиловіддільники підбирають по діаметру нагнітального трубопроводу КМ та встановлюють за компресором на лінії нагнітання ( $D_{\text{вн}} = 50 \text{мм}$ ).

На кожен компресор ставимо маслиловіддільник Bitzer OA1854 ( Маса – 54 кг;  $D_{\text{зов}} = 352 \text{мм}$ ;  $H = 724 \text{мм}$ ; навантаження масла – 18 л; максимальний робочий тиск – 28 бар; максимальна температура входу масла - 120°C; нагрівач картера – 1\*140 Вт ).

									Арк.
									112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

## Мастилозбірник

Вякостімастило збірникадля компресорів приймаємо  
мастилозаправочну ємність 60МЗС.Обєм 60 л. Розміри, мм: D=325,  
A=650, H=1280, маса 85кг.

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

Ємність циркуляційного ресивера РД в системах з нижньою  
подачею холодильного агента в приладоохолодження:

$$V_{ц.р.-8} = K \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot V_{ПО} + 0,3 \cdot V_{в.м}]$$

Приймаємо трубопровід від приладів охолодженнядо  
циркуляційного ресивера  $d_y=40$  мм, а  $L_{н.т} = 80$  м.

Тоді

$$V_{п.т} = L_{п.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 80 \cdot 3,14 \cdot 0,04^2 / 4 = 0,1004 \text{ м}^3$$

Приймаємо, що  $V_{н.т} = L_{н.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 100 \cdot 3,14 \cdot 0,04^2 / 4 = 0,125 \text{ м}^3$ .

$$V_{ц.р.-2} = 2,7 \cdot 0,125 + (0,2 \cdot 0,151 + 0,3 \cdot 0,1004) = 0,419 \text{ м}^3.$$

Приймаємо1 горизонтальний циркуляційний ресивер GUNTER IGBH  
501

Модель	Місткість, л	Габаритні розміри			Маса
		Ширина	Глубина	Висота	
IGBH 501	500				330

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

$$V_{ц.р.-28} = K \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot V_{ПО} + 0,3 \cdot V_{в.м}]$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				00.КР.142.008.018.ПЗ	113

Приймаємо трубопровід від приладів охолодження до циркуляційного ресивера  $d_y=70$  мм, а  $L_{н.т} = 30$  м.

Тоді

$$V_{п.т} = L_{п.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 30 \cdot 3,14 \cdot 0,07^2 / 4 = 0,115 \text{ м}^3$$

Приймаємо, що  $V_{н.т} = L_{н.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 50 \cdot 3,14 \cdot 0,07^2 / 4 = 0,192 \text{ м}^3$ .

$$V_{ц.р.-2} = 2,7 \cdot 0,192 + (0,2 \cdot 0,073 + 0,3 \cdot 0,115) = 0,651 \text{ м}^3.$$

Приймаємо 1 горизонтальний циркуляційний ресивер GUNTER IGBH 674

Модель	Місткість, л	Габаритні розміри			Маса
		Ширина	Глубина	Висота	
IGBH 674	674				459

Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -35^\circ\text{C}$ )

$$V_{ц.р.-28} = K \cdot [V_{н.т.} + 0,2 \cdot V_{ПО} + 0,3 \cdot V_{в.т.}]$$

Приймаємо трубопровід від приладів охолодження до циркуляційного ресивера  $d_y=70$  мм, а  $L_{н.т} = 25$  м.

Тоді

$$V_{п.т} = L_{п.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 25 \cdot 3,14 \cdot 0,07^2 / 4 = 0,096 \text{ м}^3$$

Приймаємо, що  $V_{н.т} = L_{н.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 50 \cdot 3,14 \cdot 0,07^2 / 4 = 0,192 \text{ м}^3$ .

$$V_{ц.р.-2} = 2,7 \cdot 0,192 + (0,2 \cdot 0,180 + 0,3 \cdot 0,096) = 0,693 \text{ м}^3.$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер GUNTER IGBH 787

									Арк.
									114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

Модель	Місткість, л	Габаритні розміри			Маса
		Ширина	Глубина	Висота	
IGBH 787	787				459

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

## 15. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

### Розрахунок діаметрів трубопроводів

Окремі частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,261}{3,14 \cdot 3,19 \cdot 15}}$$

Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (аміачна схема).

$$M = 0,261 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

$$\rho = \frac{1}{0,3134} = 3,19 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$w = 15 \frac{\text{М}}{\text{С}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,261}{3,14 \cdot 3,19 \cdot 15}} = 0,083 \text{ м}$$

Приймаємо трубу  $d_y=100\text{мм}$

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,261 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

$$\rho = \frac{1}{0,1212} = 8,25 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$w = 20 \frac{\text{М}}{\text{С}}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.261}{3.14 \cdot 8.25 \cdot 15}} = 0.05 \text{ м}$$

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

**Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $-8^\circ\text{C}$  (фреонова схема).**

$$M = 0.455 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\rho = \frac{1}{0.12} = 8.3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.455}{3.14 \cdot 8.3 \cdot 10}} = 0.084 \text{ м}$$

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

**Нагнітальний трубопровід:**

$$M = 0.455 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\rho = \frac{1}{0.048} = 20.8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.455}{3.14 \cdot 20.8 \cdot 15}} = 0.043 \text{ м}$$

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

**Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $-35^\circ\text{C}$  (фреонова схема).**

$$M = 1.21 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117

$$\rho = \frac{1}{0.045} = 22.22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.21}{3.14 \cdot 22.22 \cdot 10}} = 0.083 \text{ м}$$

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

**Нагнітальний трубопровід:**

$$M = 1.21 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\rho = \frac{1}{0.012} = 83.33 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.21}{3.14 \cdot 83.33 \cdot 15}} = 0.035 \text{ м}$$

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

**Рідинна лінія ( $t_0 = -2 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

Розрахункова швидкість на напірній лінії  $\omega = 0.3 \div 0.5 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 0.4 \text{ м/с}$ .

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.261}{3.14 \cdot 642 \cdot 0.4}} = 0.035 \text{ м};$$

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

Розрахункова швидкість на зворотній лінії  $\omega = 0.6 \div 1.2 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 1.2 \text{ м/с}$ .

Площа поперечного перерізу:

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

$$f_{\text{вн}} = \frac{M}{\rho \cdot w} = \frac{0.261}{642 \cdot 1.2} = 3.38 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

### Рідинна лінія ( $t_0 = -8 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Розрахункова швидкість на напірній лінії  $\omega = 0.3 \div 0.5 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 0.5 \text{ м/с}$ .

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.455}{3.14 \cdot 672 \cdot 0.5}} = 0.04 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_{\text{т}} = 40 \text{ мм}$

Розрахункова швидкість на зворотній лінії  $\omega = 0.6 \div 1.2 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 1.2 \text{ м/с}$ .

Площа поперечного перерізу:

$$f_{\text{вн}} = \frac{M}{\rho \cdot w} = \frac{0.455}{672 \cdot 1.2} = 5.64 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

### Рідинна лінія ( $t_0 = -35 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Розрахункова швидкість на напірній лінії  $\omega = 0.3 \div 0.5 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 0.5 \text{ м/с}$ .

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.21}{3.14 \cdot 685 \cdot 0.5}} = 0.067 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_{\text{т}} = 70 \text{ мм}$

### 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

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.018.ПЗ				119

економічність роботи холодильної машини. Для насосно-циркуляційних систем охолодження розрахунок гідравлічних

опорів необхідний для визначення характеристики мережі залежно від витрати холодоагента 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 ( $\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$ ), місцеві опори ( $\Delta P_{м}^{\partial\phi}$ ), прискорення потоку ( $\Delta P_{п}^{\partial\phi}$ ) і на зниження або підвищення тиску через вплив статичного напору стовпа рідини ( $\Delta P_{ст}^{\partial\phi}$ ).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_{м}^{\partial\phi} + \Delta P_{п}^{\partial\phi} + \Delta P_{ст}^{\partial\phi}.$$

При розрахунку гідравлічних опорів необхідно враховувати режим течії рідини й пари в трубах апаратів, раціонально використовувати існуючий напір як самопливних, так і насосно-циркуляційних систем охолодження.

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

**Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодника, який розміщений в камері заморожування  $t = -35^{\circ}\text{C}$ .**

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

$$\sum \xi_M = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{к\lambda\text{но}} + \xi_{в\text{дв}\text{д}90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 7;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 7 \cdot \frac{685 \cdot 0,5^2}{2} = 0,599 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 685 \cdot 0,07}{29,1 \cdot 10^{-6}} = 823883$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,06}{0,07} + \frac{64}{823883} \right)^{0,25} = 0,105$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,105}{0,07} \cdot \frac{685 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 128 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 25 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{\text{мп}} = R \cdot l = 128 \cdot 25 = 3200 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 599 + 3200 = 3799 \text{ Па}.$$

**Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодника, який розміщений в камері заморожування  $t = -28^\circ \text{C}$ .**

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{мп}} + \Delta P_{\text{м.с.}};$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = \sum \xi_M \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_M = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{к\lambda\text{но}} + \xi_{в\text{дв}\text{д}90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{678 \cdot 0,5^2}{2} = 0,678 \text{ кПа};$$

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 678 \cdot 0,07}{26 \cdot 10^{-6}} = 912692$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,06}{0,07} + \frac{64}{912692} \right)^{0,25} = 0,105$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,105}{0,07} \cdot \frac{678 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 127 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 30\text{м}$ :

$$\Delta P_{\text{мп}} = R \cdot l = 127 \cdot 30 = 3810 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 678 + 3810 = 4488 \text{ Па}.$$

**Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до теплообмінника з гліколем  $t = -8^\circ\text{C}$ .**

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{мп}} + \Delta P_{\text{м.с.}};$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_{\text{м}} = \xi_{\text{зв.клавани}} + \xi_{\text{коліно}} + \xi_{\text{відвії}90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{650 \cdot 0,5^2}{2} = 0,650 \text{ кПа};$$

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 650 \cdot 0,04}{22 \cdot 10^{-6}} = 590909$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,06}{0,04} + \frac{64}{590909} \right)^{0,25} = 0,121$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1м:

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,121}{0,04} \cdot \frac{650 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 245 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 80 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \cdot l = 245 \cdot 80 = 19600 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 650 + 19600 = 20250 \text{ Па}.$$

**Визначимо втрати тиску в трубопроводі від теплообмінника з гліколем до споживачів гліколю  $t = 0^\circ \text{C}$ .**

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{mp} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_{м} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_{м} = \xi_{зв.клавани} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{1005 \cdot 0,5^2}{2} = 1,005 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 1005 \cdot 0,04}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 11872$$

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,06}{0,04} + \frac{64}{11872} \right)^{0,25} = 0,122$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,122}{0,04} \cdot \frac{1005 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 383 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 50 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \cdot l = 383 \cdot 50 = 19150 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 1005 + 19150 = 20155 \text{ Па}.$$

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		123

**Визначимо втрати тиску в трубопроводі від теплообмінника з льодяною водою до споживачів  $t = 1^{\circ}\text{C}$ .**

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{mp} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_{м} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_{м} = \xi_{зв.к\lambdaпан} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^{\circ}} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{1024 \cdot 0,5^2}{2} = 1,182 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 1024 \cdot 0,04}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 12205$$

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,06}{0,04} + \frac{64}{12205} \right)^{0,25} = 0,122$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,122}{0,04} \cdot \frac{1024 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 390 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 50 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \cdot l = 390 \cdot 50 = 19500 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 1182 + 19500 = 20682 \text{ Па}.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				124

# 16. Охорона праці

## Умови праці

В якості прикладу розглядається робоче місце оператора (машиніста) компресорного цеху.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

- параметри мікроклімату;
- наявність у повітрі парів аміаку;
- рівень освітленості;
- шум і вібрація;
- наявність працюючих компресорів;
- посудини, що працюють під тиском;
- рухомі елементи обладнання;
- електронебезпека;
- пожежо- та вибухонебезпека;

Нормативно-технічна документація на робочому місці оператора (машиніста).

В машинному відділенні ведеться добовий журнал роботи холодильної установки . Крім того, там та в пункті управління на видному місці знаходяться

затверджені головним інженером інструкції із:

- будови й експлуатації аміачних холодильних установок;
- обслуговування машин, апаратів (посудин), охолоджуючих пристроїв;
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматики;
- пожежної безпеки;
- охорони праці (надання долікарської допомоги при отруєнні аміаком і ураженні електрострумом, дії персоналу по ліквідації прориву аміаку і виникненні аварійної ситуації тощо);

Також у пункті управління знаходяться:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувального ремонту;
- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою запірною-регулювальною арматурою і приладами автоматики;
- показники розташування засобів індивідуального захисту (протигази, захисні костюми);
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, начальника компресорного цеха, старших зміни (домашні телефони);
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговує автоматику холодильної установки.

### **Санітарні вимоги до виробничих приміщень та розташування обладнання**

Приміщення машинного відділення розташоване в окремій будівлі у відповідності до вимог нормативно-технічної документації. Довжина приміщення машинного відділення становить 12 м, ширина – 12 м, висота – 6 м. План компресорного цеху з розташуванням основного технологічного обладнання машинного відділення та переліком шкідливих і небезпечних виробничих факторів при його роботі наведені на Рис.16.1.

Вікна дворядні із звичайного скла. З машинного відділення є два виходи назовні в різних кінцях приміщення. Двері відчиняються у бік виходу.

Підлога відділення є рівною, неслизькою і виконана з вогнетривкого матеріалу. Непрохідні канали та люки зачиняються під рівень з підлогою з'ємними металевими рифленими листами. Стіни машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими стандартами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

Для обслуговування обладнання чи арматури на рівні вище 3 м від підлоги встановлено металевий майданчик по всій довжині машинного відділення з огорожею та сходами з обох кінців. Майданчик та сходи

					<i>00.KP.142.008.018.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

мають поручні висотою 1,1 м; відстань між стійками поручнів не перевищує 1,2 м.

З метою підвищення безпеки експлуатації холодильної установки, конденсатори та лінійні ресивери розміщені зовні машинного відділення. В компресорному цеху розміщено: 4 поршневих компресорів фірми GRASSO, два з яких марки 58S, а інші три - марки 66. Ширина основного проходу в цеху складає 3 м, прохід між виступаючими частинами компресорів -2 м. Прохід між стіною і компресором становить -2 м. Циркуляційний ресивер встановлений також в машинному відділенні впритул до стіни.

При машинному відділенні, у спеціально відгородженому приміщенні, передбачений пункт управління (ПУ), в якому встановлений центральний щит управління (ЦЩУ), стіл машиніста біля оглядового вікна, стілець.

### Мікроклімат та чистота повітря

Мікроклімат виробничого середовища та чистота повітря в машинному відділенні та ПУ повинні відповідати вимогам ДНС 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В компресорному відділенні та приміщенні ПУ повинні забезпечуватися такі параметри мікроклімату:

Компресорне відділення      ПУ

У теплий період року:

- Температура	18...20 °С	22...24°С
- Відносна вологість, не вище	75%	75%
- Швидкість руху повітря, не більше	0,4 м/с	0,3м/с

У холодний період року:

- Температура	16...18 °С	20...21°С
- Відносна вологість, не вище	75%	75%
- Швидкість руху повітря, не більше	0,3 м/с	0,2 м/с

Параметри мікроклімату та чистота повітря підтримуються в машинному і апаратному відділенні за допомогою загальнообмінної механічної вентиляції, теплоізоляції та герметизації компресорів, циркуляційних ресиверів, трубопроводів, а також опаленням у холодний період року.

									Арк.
									127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

Система постійно діючої припливної-витяжної вентиляції машинного та апаратного відділення забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

- приплив – за розрахунком, але не менше 2;
- витяжка – за розрахунком, але не менше 3;

Повітря яке викидається в атмосферу не очищується.

Система опалення, опалювальні прилади, теплоносії та його граничні показники по температурі прийняті згідно до вимог СНиП 2.04.05. – 91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для контролю за концентрацією аміаку в повітрі виробничих приміщень та виявлення його витоку використовують газоаналізатори УГ-2 та лакмусовий папір. Контроль здійснюється 3 рази на зміну.

Параметри мікроклімату та чистота повітря в ПУ підтримується загальнообмінною змішаною припливно-витяжною вентиляцією (подача свіжого повітря здійснюється механічним вентилятором з підігрівом повітря в холодний період року, а видалення забрудненого – неорганізованою природною вентиляцією через вентиляційну решітку у верхній частині ПУ).

#### Розрахунок кількості вентиляційного повітря

Інтенсивність виділення парів аміаку в машинному відділенні:

$$G=30 \text{ г/год (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Концентрація парів аміаку у повітрі припливного повітря (природний вміст аміаку):

$$C_1=0,02 \text{ мг/м}^3 \text{ (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Концентрація парів аміаку у повітрі машинного відділення:

$$C_2=8 \text{ мг/м}^3 \text{ (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Кількість вентиляційного повітря на вентиляцію становитиме:

$$L = \frac{1000 * G}{C_2 - C_1} = \frac{1000 * 30}{8 - 0,02} \approx 3750 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну машинному відділенні:

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

$$n = \frac{L}{V} = \frac{3750}{6 \cdot 9 \cdot 42} = 1,65 \text{ год}^{-1}$$

де  $V$  – об'єм машинного відділення,  $\text{м}^3$ .

Кратність циркуляції в машинному відділенні – 2 рази за годину.

### Шум і вібрація

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресор, насоси та їх електродвигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводам.

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та в ПУ не перевищує встановлених норм ДСН 3.3.6.037 – 99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, ГОСТ 12.1.003.-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. В машинному відділенні -78...80 дБ, в ПУ -50...55 дБ.

Для зниження рівня шуму в машинному і апаратному відділенні застосовують звукоізоляцію приводів; своєчасне змащування деталей і вузлів, їх профілактику та ремонт, а в ПУ – застосовується звукоізоляція стін.

Рівень вібрації на робочих місцях не перевищує гранично допустимої величини, передбаченої ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. ДСН 3.3.6.039 – 99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації; у машинному відділенні – 85...88 дБ, в ПУ – 75...77 дБ.

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

- відсутності жорсткого кріплення до конструкцій будівлі трубопроводів, які приєднуються до холодильної машини;
- встановлення компресорів та спеціальних амортизаційних фундаментах ізольованих від несучих конструкцій будівлі;
- розташування ПУ в місці найменшої віброакустичної дії від працюючого обладнання.

### Виробниче освітлення

Рівень освітленості в приміщеннях машинного відділення та ПУ відповідає вимогам ДБН В.2.5. – 28 – 2006. «Природне і штучне

					<i>00.КР.142.008.018.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		129

освітлення». У машинному відділенні й ПУ присутнє природнє і штучнє освітлення. Природнє освітлення здїйснюється через одностороннї бїчні прорїзи (КПО у машинному відділеннї становить 0,2%, у ПУ – 0,9%). Штучнє освітлення здїйснюється люмінісцентними лампами. Загальний рївень робочого освітлення у машинному відділеннї становить 75 лк, у ПУ – 150 лк, крім того бїля щита управлїння передбачається мїсцеве освітлення (лампа розжарювання, рївень комбїнованого освітлення 500 лк).

Машиннє і апаратнє вїддїлення, ПУ, а також їснуючі пїдземнї прохїднї тунелї з амїачними трубопроводами і розподїльною арматурою мають аварїйнє освітлення вїд незалежного джерела (акумуляторнї батареї). Воно автоматично вкључається при вїдкљученнї робочого освітлення. Рївень аварїйного освітлення не менше 8 лк.

#### Розрахунок штучного освітлення в машинному вїддїленнї

Розмїри примїщення: довжина  $a=42$  м; ширина  $b=9$  м; висота  $H=6$  м.

Площа  $S=a*b=42*9=378\text{м}^2$ .

- приймаємо  $E_{\text{min}}=75$  лк;
- тип ламп ЛДЦ – 40;
- свїтловий потїк однїєї лампи  $F=1520$  лк;
- тип свїтильникїв НОДЛ 2x40;
- кїлькїсть ламп у свїтильнику  $m=2$  шт.

Визначаємо їндекс примїщення за формулою:

$$i = \frac{a*b}{(a+b)*Hn};$$

$$i = \frac{42*9}{(42+9)*4} = 1,85$$

Приймаємо наступнї коефїцієнти :

коефїцієнт вїдбиття:

- стелї  $r_{\text{стелї}}=50\%$ ;
- стїн  $r_{\text{стїн}}=30\%$ .

коефїцієнт використання  $\eta=60,4\%$ .

коефїцієнт запасу  $k=1,5$ .

коефїцієнт нерївномїрностї приймаємо  $z=1,1$ .

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пїдпис	Дата		130

Визначаємо необхідну кількість ламп на ділянці виходячи з формули:

$$n = \frac{E_{min} * S * z * k}{F * \eta},$$

$$n = \frac{75 * 378 * 1,1 * 1,5}{1520 * 0,604} = 49,9 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість ламп  $n = 50$  шт. Визначаємо кількість світильників:

$$N = \frac{n}{m} = \frac{50}{2} = 25 \text{ шт.}$$

Світильники розміщуємо в 5 ряди по 5 світильників в кожному.

### Техніка безпеки

Основна небезпека при експлуатації холодильної установки полягає у можливому раптовому руйнуванні холодильного обладнання (випарників, конденсаторів, компресорних агрегатів, трубопроводів та ін.), яке супроводжується вибухом та викидом в атмосферу отруйних парів аміаку.

Безпечна експлуатація холодильного устаткування здійснюється згідно вимог [ ], ДНАОП 0.00 – 1.07 – 94. «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» та інших нормативних документів і стандартів безпеки праці.

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

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

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця і відповідної перевірки знань.

Холодильна установка обслуговується двома машиністами в змін.

Періодична перевірка знань персоналом інструкції з обслуговування холодильної установки, техніки безпеки при експлуатації обладнання і

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

практичним діям в аварійних ситуаціях, надання долікарської допомоги проводиться не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів з холодильної техніки, електротехніки, приладах автоматизації і техніки безпеки.

Перевірка знань з техніки безпеки у керуючих та інженерно-технічних робітників здійснюється у відповідності з «Положенням про порядок перевірки знань правил і норм з охорони праці керуючих інженерно-технічних робітників і спеціалістів».

Для спостереження за робочим тиском на всмоктувальній магістралі кожного компресора встановлені манометри МП-4, а на нагнітальних трубопроводах компресорів – по окремому манометру МТ-250 підвідна трубка до якого під'єднується за зворотним клапаном по ходу парів аміаку.

На нагнітальному трубопроводі кожного компресора розташовані термометри типу ТП-7 з кожухами для захисту від механічних пошкоджень. Система захисту компресора включає наступні пристрої: реле високого тиску РД-4А-01Т; реле низького тиску РД-4А-01Т; реле температури ТР-2А-06ТМ; реле потоку холодної води РП-67; реле контролю змащення РКС-1А-01. Система захисту відключає компресори при виникненні небезпечних режимів роботи холодильної установки.

Посудини працюючі під тиском (дренажний та циркуляційні ресивери) оснащені манометрами типу МПЗ-У та пристроями безпеки: запобіжними клапанами типу Е29139, захисними реле рівня ПРУ-5М. Захисне автоматичне напівпровідникове реле рівня контролює і сигналізує про досягнення максимального та мінімального рівня аміаку.

Для візуальних показників рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовується плоске оглядове скло.

Випуск парів аміаку в атмосферу через запобіжні клапани здійснюється за допомогою загальної відвідної труби, виведеної на 1,5 м вище ковзана даху виробничого приміщення.

Циркуляційні ресивери мають по два взаємно дублюючих реле рівня ПРУ-5М, які сигналізують лампами наступних кольорів:

- жовтий – сигнал гранично допустимого рівня;
- червоний – аварійний сигнал небезпечного рівня.

Світлові сигнали спрацювання пристроїв захисту компресора, гранично допустимого і небезпечного рівня аміаку в апаратах, посудинах

									Арк.
									132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

одночасно дублюється звуковим сигналом з ручним відключенням в машинному відділенні та пункті управління.

З метою підвищення безпеки експлуатації холодильної установки, посудини працюючі під високим тиском (КД, ЛР, МВ, МЗ) розміщені ззовні, на відстані 20 м від машинного відділення, в конденсаторній площадці. Огороджувальна площадка зварена із швелерів і металевої сітки, висотою 6 м та захищена від сонця.

У приміщенні машинного відділення встановлено два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку у повітрі нижнього рівня ДОЗОР-6-АМІАК-500-Т, який має 8 індикаторів контролю концентрації аміаку (біля кожного компресора, дренажного ресивера, регулюючої станції) та два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку верхнього рівня ДОЗОР-6-АМІАК-1500-Т.

При досягненні концентрації  $500 \text{ мг/м}^3$  (0,07%) сигналізатори концентрації аміаку нижнього рівня дають попереджувальний сигнал (світловий та звуковий) у приміщення постійного чергування персоналу. Якщо концентрація аміаку досягає  $1500 \text{ мг/м}^3$  (0,21%) сигналізатори концентрації аміаку верхнього рівня вимикають електроспоживання всієї холодильної установки та одночасно вмикають: аварійну витяжну вентиляцію (кратність –  $10 \dots 12 \text{ год}^{-1}$ ), світлову сигналізацію, сирену типу ПВ-СС та світлове табло біля входу в машинне відділення.

Для екстреного відключення електроживлення усього обладнання холодильної установки і робочого освітлення, на зовнішній стіні машинного відділення змонтовано кнопки загального аварійного відключення: одна – біля робочого входу, друга – біля запасного виходу. Одночасно з відключенням електроживлення обладнання ці кнопки вмикають в роботу аварійну витяжну вентиляцію, сирену і аварійне освітлення. Електроживлення аварійної вентиляції здійснюється, як від основного джерела, так і від незалежного.

Для індивідуального захисту обслуговуючого персоналу від аміаку застосовується захисний спецодяг, спецвзуття та протигазу типу КД. Протигазу зберігаються в машинному відділенні в спеціальній шафі біля входу. Крім цього ззовні машинного та апаратного відділення, поруч з вхідними дверима, в шафі знаходяться запасні протигазу типу КД.

У випадку аварійних робіт у загазованому приміщенні передбачено 3 захисних костюма Л-1.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		133

Для надання долікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка, в якій міститься: 1-2% р-н лимонної кислоти; 4% розчин борної кислоти; 1% розчин новокаїну; етиловий спирт; сода; бинти, вата, марлеві серветки; мазь Вишневського, йод.

### Електробезпека

Компресорне відділення та ПУ відносяться до приміщень з підвищеною електробезпекою (ПУЕ. Правила улаштування електроустановок).

Безпечна експлуатація електроустаткування здійснюється згідно вимог ДНАОП 0.00 – 1.32 – 01.«Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98.«Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.1.019 – 79. ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты », а також діючим стандартам електробезпеки та іншим нормативним документам.

У приміщенні компресорного та апаратного відділень електропроводка, кабельні лінії та виконання електроустаткування мають ступінь захисту оболонок – IP44.

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

- недоступність струмоведучих частин від випадкового дотикання досягається за допомогою захисних огорож та блокування, закритих щитів, розташуванням кабелів і проводки на недоступній висоті, наявність знаків безпеки;
- надійною ізоляцією силових струмоведучих частин, опір якої повинен становити не менше 0,5 МОм;
- електрообладнання у виробничих приміщеннях та щиті управління в ПУ має захисне заземлення із ізольованою нейтраллю типу IT. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом;
- захист від струмів короткого замикання здійснюється (вказати тип автоматів, запобіжників);
- застосуванням низьких напруг (36 В – для ручного інструмента та освітлення щита управління в ПУ, 12 В – для переносного світильника у вибухозахищеному виконанні – IP54).

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		134

Холодильник, машинне і апаратне відділення мають пристрій захисту від блискавки – блискавковідвідник по 2 категорії у відповідності з вимогами РД 34.21.122-87. «Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений».

### Пожежо- та вибухобезпека

Машинне відділення відноситься до вибухо – та пожежонебезпечної категорії Б або до вибухонебезпечних приміщень класу В – Іб, а ПУ – до пожежонебезпечної категорії Д (СНиП 2.11.02 – 87. «Холодильники», ОНТП 24-86. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»).

В процесі експлуатації холодильної установки робітники дотримуються вимог «Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств», ГОСТ 12.1.004 – 85. ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования», ДНАОП 0.01 – 1.01 – 95. «Правила пожежної безпеки в Україні».

Відповідність за пожежну безпеку в холодильно-компресорному цеху покладена на начальника цеху, а змінах - на начальника зміни або старшого машиніста.

Окрім обов'язкового для всіх працівників ввідного протипожежного інструктажу, а потім інструктажу на робочому місці, працівники машинного відділення проходять ще пожежно-технічний мінімум 1 раз на рік з наступною здачею заліку.

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

Система запобігання пожежі і вибуху передбачає:

- наявність в огорожуючих конструкціях будівлі машинного відділення легко скидних елементів (вікна, двері);
- контроль нижнього та верхнього аварійного рівня концентрації аміаку в приміщенні компресорного відділення; наявність аварійної витяжної вентиляції, табло над входом у машинне відділення, світлозвукової сигналізації;
- надійне приєднання провідників від обладнання до заземлюючого контуру без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;

									Арк.
									135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.018.ПЗ				

- застосування електроустаткування у вибухозахищеному виконанні;
- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскро-, а їх електродвигунів –у вибухозахищеному виконанні; припливного вентилятора – у звичайному, а його електродвигуна – в закритому виконанні;
- наявність протипожежних інструкцій на робочих місцях;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень;
- дотримання правил пожежної безпеки при виконанні вогнених робіт;
- заборону куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері відчиняються у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02 – 87, СНиП 2.01.02 – 85. «Противопожарные нормы»);
- наявність системи оповіщення про пожежу (вказати тип системи);
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: пожежним щитом з лопатою, сокирою, ломом, металевим багром, а також наявність повітряно-пінного вогнегасника ОВП – 10 (2 шт); порошкового вогнегасника ОП – 9(2 шт), ящика з піском і азбестовим полотном.

ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості та оснащений вуглекислотним вогнегасником ОУ – 3(2 шт).

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		136

## 17. Техніко-економічні показники

Для розрахунку собівартості холоду треба знати суму коштів за спожиту: електроенергію, мастило, холодоагент R404A,аміак, оплату праці, амортизаційні відшкодування та інші витрати, які вираховуються від вартості обладнання.

1. Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху зводимо до таблиці 17.1

Т

Таблиця 17.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	P <sub>еп</sub> , кВт	Σ P <sub>еп</sub> , кВт	Рік, тис. кВт·год
1	Компресор GEA Grasso 610	3	90	270	1215
2	Компресор GEA Grasso 410	7	30/45	270	1215
3	Насос для перек. води до КТКД(ам. сх.)	2	7.5	15	67.5
4	Насос для перек. води до КТКД(фр. сх.)	2	7.5	15	67.5
5	Насос для перек гліколю до ПТО	1	1.5	1.5	6.75
6	Насос для перек льод.води до ПТО	2	7.5	15	67.5
6	Насос для ЦР1(-35) WITT HRP 10080	1	8,8	8,8	117
7	Насос для ЦР2(-28) WITT HRP 3232	1	1	1	4,5
8	Насос для ЦР3(-8) WITT HRP 5040	1	2.2	2.2	79,2
9	Повітроохолодник GARCIA CAMARA 170B6	1	9	9	40.5
10	Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC590C	3	25	75	337.5
11	Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC289C	2	14	28	126
12	Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC136C	2	6	12	54
13	Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC75 B6	2	4	8	36
14	Вентилятори градирень	5	15	75	337.5
15	Насос K90/20a	6	7.5	45	202
16	Насос K90/20	3	7.5	22.5	101.25
17	Насос K8/186	2	1.5	3	13.5
<b>Річна витрата електроенергії</b>					<b>4054.45</b>

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$N = P_{\text{ел}} \times n$$

Де  $n$  – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 4500 год.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		138



## 2. Виробництво і використання електроенергії

Річне споживання електроенергії холодильником і компресорним цехом даного холодильника становить:  $E_{річн} = 3.798$  тис.кВт \* год

Ціна за 1 кВт. год електроенергії становить:  $C_{ел} = 8.5$  грн.

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел.р} = E_{р} \cdot C_{ел}$$

$$B_{ел.р} = 4054000 \text{кВтг} \cdot 8.5 \text{ грн/кВтг} = 34\,459 \text{ тис. грн.}$$

3. Мастило купується для компресорів за ціною 130 грн. за 1 л. в проекті потрібно 650 л і це коштує  $130 \cdot 650 = 84.500$  тис. грн

4. Холодоагент фреон R404A купується за ціною 120 грн. за 1 кг, в моєму проекті необхідно 3000 кг і це коштує  $3000 \cdot 120 = 360$  тис. грн. Холодоагент аміак купується за ціною 4 грн. за 1 кг, в моєму проекті необхідно 400 кг і це коштує  $400 \cdot 4 = 1.6$  тис. Грн

5. Гліколь купується за ціною 15 грн/кг, в моєму проекті потрібно 1.5 тон і це коштує  $15 \cdot 1500 = 22.500$  тис. Грн

### 6. Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 17.3

Таблиця 17.3

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Машиніст ХУ	142	4	100 000	1200000
2	Слюсар-ремонтник	125	3	54 000	648000
	<b>Разом</b>		7		1848000

## 6. Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \times 0,22$$
$$A_{обл} = 9675 \times 0,22 = 2128,5 \text{ тис. грн}$$

## 7. 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:

$$B_{рем} = A_{обл} \times 0,20$$
$$B_{рем} = 2128,5 \times 0,20 = 425,7 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{пуск} = B_{обл} \times 0,02$$
$$B_{пуск} = 9675 \times 0,02 = 193,5 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{ін} = A_{обл} \times 0,03$$
$$B_{ін} = 2128,5 \times 0,03 = 63,855 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = B_{рем} + B_{пуск} + B_{ін}$$
$$\Sigma B = 425,7 + 193,5 + 63,855 = 683,055 \text{ тис. грн}$$

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		141

## 8. Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених у попередніх розділах зводимо у порівняльну таблицю собівартості енергії:

*Таблиця 5.4*

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	34459
Електроенергія	5270
Масило	84
Холодильний агент R404A	360
Холодильний агент аміак	1.6
Гліколь	22.5
Оплата праці	2100
Амортизація	2128
Інші витрати	683.05
<b>Разом</b>	<b>45109</b>

Кількість виробленого холоду за рік:

$$22 \cdot 270 \cdot (778 \times 0,55 + 80,603 \times 0,73 + 195,938 \times 0,99) = 4043,3 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

Собівартість холоду:

$$\Delta C = \frac{45109 \text{ тис. грн}}{4043,3 \text{ МВт} \times \text{год}} = 11,6 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \times \text{год}}$$



13. Тітлов, О.С. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості: навч. посіб. / О.С Тітлов, С.Ф. Горикін.– Львів: Новий світ 2000., 2011.– 286 с.

14. Теплохолодотехніка: навч. посіб. / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк, М.М. Масліков, Н.В. Іващенко, С.В. Барановська. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 258 с.

15. Холодильна техніка та технологія харчової промисловості: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: науково-допоміжний бібліографічний покажчик двома мовами 1960-2020 рр. / упоряд. Т. П. Фесун; Наук.- техн. б-ка ; Нац. ун-т харч. технологій. – Київ, 2020. – 211 с.

					00.КР.142.008.018.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		144