

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)

«__» _____ 2026 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Валентин ПЕТРЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильні техніка та технології

на тему: Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця.

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

Пархоменко Сергій Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Пилипенко Олексій Юрійович

(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 – 2026 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.

“03” листопада 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Пархоменко Сергій Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця.

керівник роботи к.т.н., доц. Пилипенко Олексій Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 03.11.2025 року № 899-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2026 року

3. Вихідні дані до роботи Каркас – збірний з/б, стіни самонесучі – з/б, продукція: молоко, сир кисломолочний, кефір, йогурт, сир твердий, схема холодопостачання централізована насосно-циркуляційна.

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 16.Підбір насосів 17.Техніко-економічні показники проекту 18.Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі холодильника

2. Гідравлічна схема холодильної установки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03.11.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	03.11-07.11.2025	
	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	07.11.25-26.01.26	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	26.01-05.02.2026	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Пархоменко С.Г. _____
(прізвище та ініціали)

Пилипенко О.Ю. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

В бакалаврській кваліфікаційній роботі розраховано та спроектовано холодильне господарство при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця.

В проекті сплановано та розраховано технологічну схему виробництва молочної продукції, розроблено холодильну схему, виконано підбір необхідного холодильного обладнання, спроектовано будівлю холодильного складу. Проект направлений на досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії під час роботи та досягнення необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах. Наведено розрахунки холодоспоживання під час виробництва молочної продукції, детальні розрахунки основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

В проекті окрім основних розділів по розрахунку холодильної установки містяться розділи "Охорона праці" та "Техніко-економічні показники проекту".

В кваліфікаційній роботі враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильних установок і схемах охолодження.

Робота виконана на ПК, для розрахунків та оформлення пояснювальної записки використано такі прикладні програми: "Microsoft Office 2010", креслення та схеми виконанні за допомогою програми "AutoCad 2010".

Ключові слова: молокозавод, холодильне господарство, холодильна камера, теплонадходження, теплоізоляція, холодильне обладнання.

					00.БКР.142.008.003-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Пархоменко С.Г.					4	149
Перевір.		Пилипенко О.Ю.				ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Abstract

In the bachelor's qualification work, a refrigeration system at a dairy plant with a capacity of 70 tons per day in the city of Vinnytsia was calculated and designed.

The project planned and calculated a technological scheme for the production of dairy products, developed a refrigeration scheme, selected the necessary refrigeration equipment, and designed a refrigerated warehouse building. The project is aimed at achieving maximum efficiency in terms of electricity consumption during operation and achieving the necessary effect in obtaining artificial cold with minimal capital and operating costs. Calculations of cooling consumption during the production of dairy products, detailed calculations of the main and auxiliary equipment of the refrigeration unit are provided.

In addition to the main sections on the calculation of the refrigeration unit, the project contains sections "Occupational Safety" and "Technical and Economic Indicators of the Project".

The qualification work takes into account the latest achievements in volumetric planning and design solutions for refrigeration units and cooling schemes.

The work was performed on a PC, the following applications were used for calculations and preparation of the explanatory note: "Microsoft Office 2010", drawings and diagrams were performed using the "AutoCad 2010" program.

Keywords: dairy plant, refrigeration, cold storage, heat input, thermal insulation, refrigeration equipment.

					00.БКР.142.008.003-ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Пилипенко О.Ю.						5	149
Реценз.				ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ					
Н. Контр.									
Затверд.		Петренко В.П.							

Зміст

1. Вступ.....	7
2. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.....	8
3. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції.....	20
4. Техніко-економічне обґрунтування	23
5. Визначення основних розмірів і планування приміщень	25
6. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	33
7. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....	50
8. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресор.....	73
9. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.....	78
10. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини	79
11. Вибір теплообмінних апаратів	96
12. Вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.....	101
13. Розрахунок охолодника оборотної води.....	107
14. Вибір допоміжного обладнання.....	110
15. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.....	115
16. Підбір насосів.....	124
17. Техніко-економічні показники проекту.....	129
18. Охорона праці	135
Список використаної літератури.....	149

					00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Літ.		Арк.	Акрушів		
Розроб.		Пархоменко С.Г.						6	149		
Перевір.		Пилипенко О.Ю.				ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ					
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.									

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 70 тонн на добу у м. Вінниця.

					00.БКР.142.008.003-ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Пархоменко С.Г.									7	149
Перевір.		Пилипенко О.Ю.							TEXT. ННІТІ. НУХТ			
Реценз.												
Н. Контр.												
Затверд.		Петренко В.П.										

2. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.

Проект розробляється на підставі завдання “Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця”. Продукція – молоко пастеризоване, заморожений сир кисломолочний (творог), кефір та йогурти, сир. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильнокомпресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки.

Молоко спочатку очищають, а потім охолоджують. Молоко - це хороше середовище для коліформних, молочнокислих, маслянокислих та інших бактерій. У молоко бактерії можуть потрапити з вим'я тварини, з рук людини, з повітря, посуду і так далі. Для зростання, розвитку мікроорганізмів оптимальною є температура 25 - 40 °С і РН середовище 6,8 - 7,4.

Рости і розвиватися молочнокислі бактерії, що викликають квашення молока, призупиняються при t близько 10 °С і припиняються при температурі 2-4 °С. Призупинити цей розвиток в молоці можна його заморожуванням. Але після розморожування більшість бактерій відновлюють свою минулу активність.

Тривалість бактерицидної фази залежить від температури зберігання молока. Наприклад, при $t=37^{\circ}\text{C}$ фаза дорівнює 2 годинам, а при 10°C - збільшується до 36 годин, при 5°C - до 48 годин, при 0°C - до 72 годин. При збільшенні кількості мікробів в молоці на декілька тисяч при однаковій температурі зберігання тривалість бактерицидної фази зменшується приблизно в 2 рази. Отже, температура охолодження - це основний параметр, що визначає кислотність молока.

					00.БКР.142.008.003–ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Пилипенко О.Ю.									8	149	
Реценз.									TEXT. ННІТІ. НУХТ				
Н. Контр.													
Затверд.		Петренко В.П.											

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво пастеризованого молока (30%)

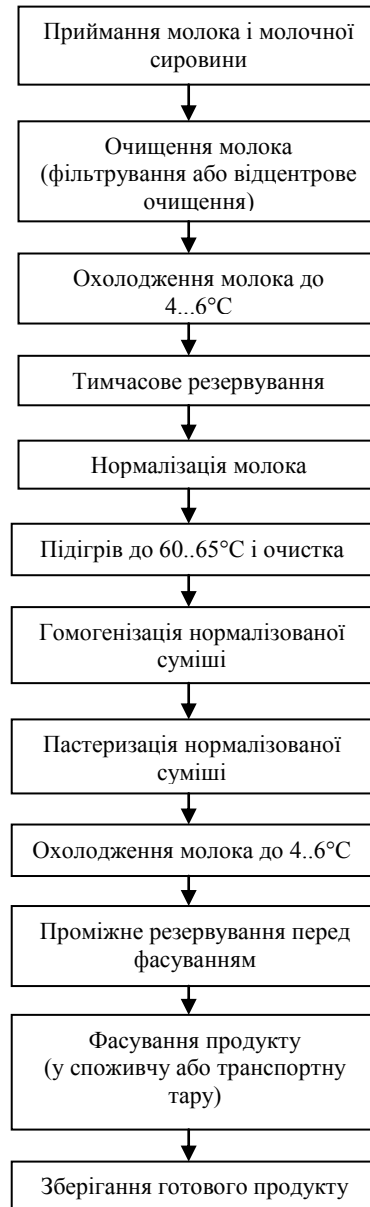


Рис.1 Принципова технологічна схема виробництва пастеризованого молока

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

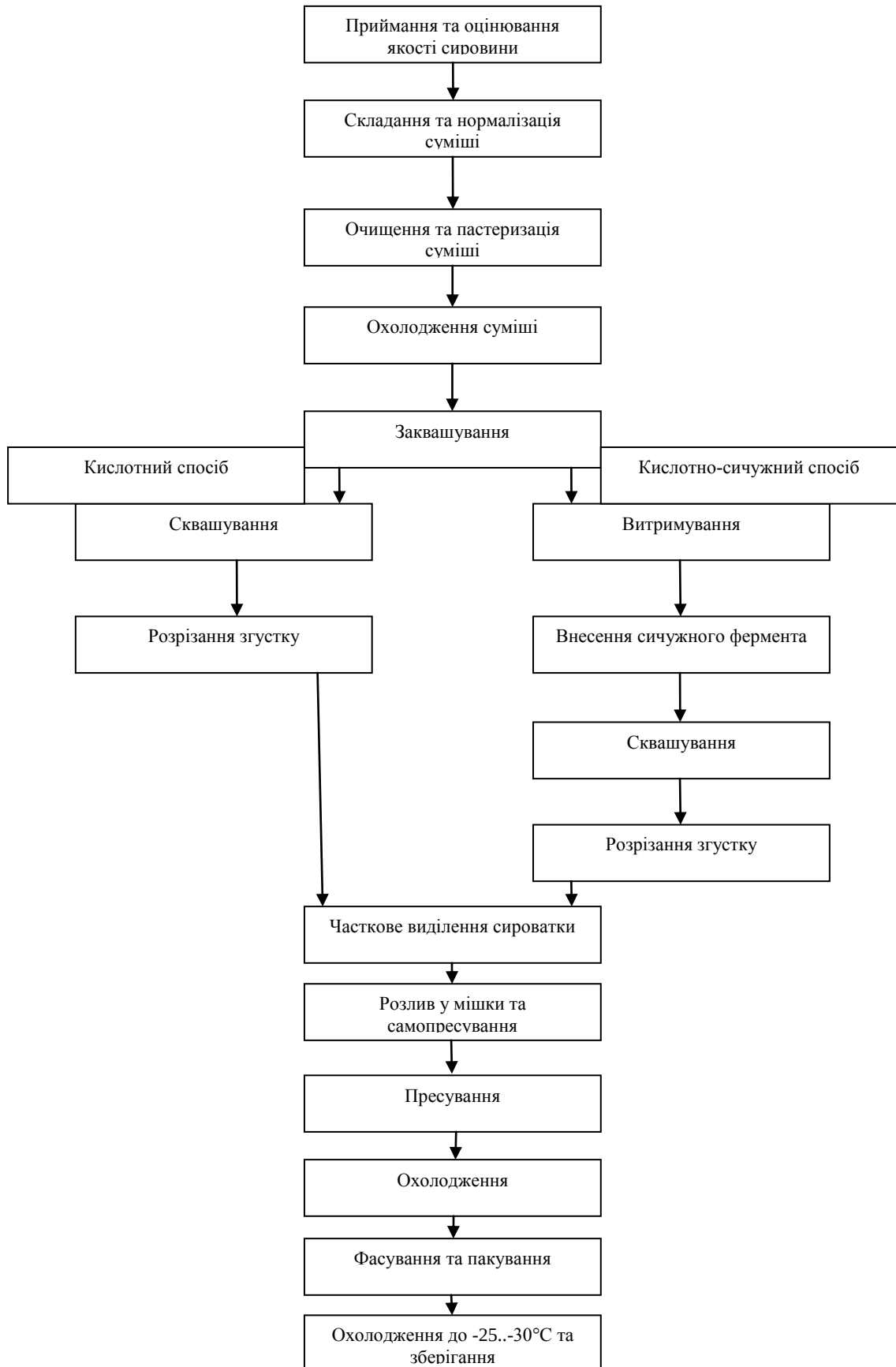
понад 6 годин продукт направляють на повторну пастеризацію чи зменшують загальний термін допустимого зберігання на підприємстві.

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).

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво сиру кисломолочного (30 %)



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°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°C .

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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°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 %)

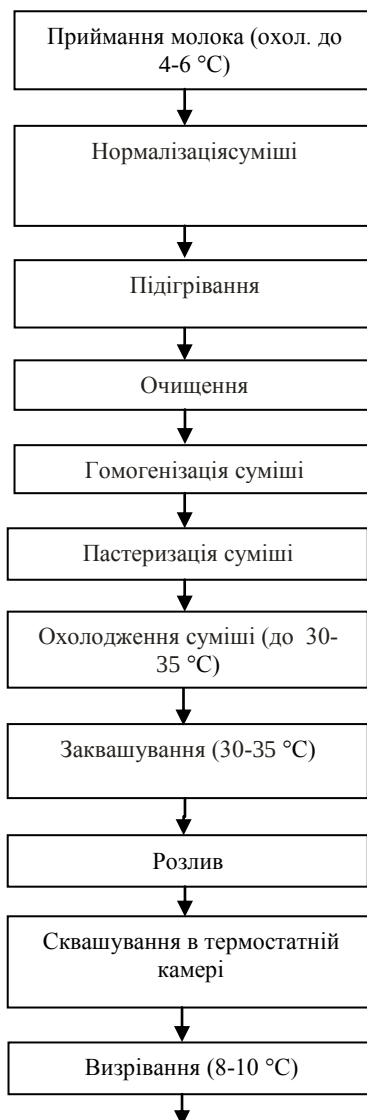




Рис.2 Принципова технологічна схема виробництва кефіру та йогуртів

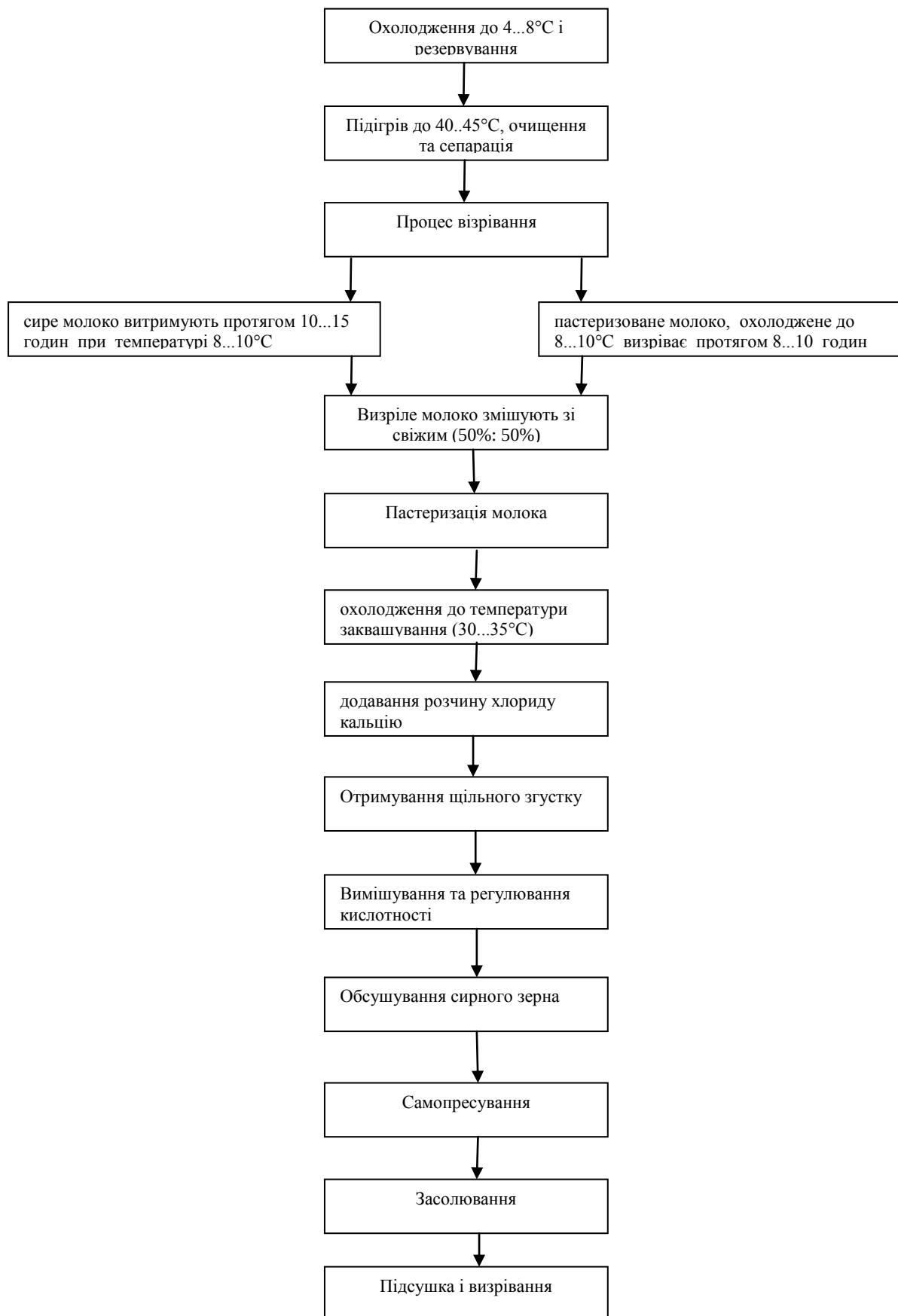
Закваску додають до пастеризованого молока. При температурі 30–35 °С (для мезофільних мікроорганізмів) здійснюється сквашування. Під час сквашування ..відбуваються коагуляція казеїну та гелеутворення, внаслідок чого молоко з вільнодисперсного стану(золь) переходить у зв'язанодисперсний (гель) і у молоці 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.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво сиру твердого (20%)



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, підігрівують 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 підігрівують 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 теплова 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.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 тварогу	-	9 год	-25...-30°C	95...100%	5
3	Камера зберігання замороженого тварогу	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

3. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції

3.1. Тривалість замороження сиру кисломолочного

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

$$t_{поч} = 10^{\circ}C \quad h_{поч} = 334 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$t_{кінц} = -30^{\circ}C \quad h_{кінц} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$t_{кр} = -1^{\circ}C \quad h_{кр} = 192.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

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

$$\lambda_{мор} = \lambda_0 + 0.9\omega \quad (3.1)$$

$$\lambda_{мор} = 0.53 + 0.9 \cdot 0.935 = 1.372 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

де λ_0 - коефіцієнт теплопровідності продукту, визначений для середньої температури під час заморожування $t_{сер} = 0.5(t_{кр} + t_{кам})$, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

ω - частка вимороженої вологи, яку можна визначити за залежністю:

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

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

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t_{сер}} \quad (3.3)$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Пилипенко О.Ю.								20	149
Реценз.								TEXT. HHIT. HUYT			
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.									

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

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

Теплофізичні характеристики повітря:

$$\lambda_{nem} = 0.0217 \frac{Bm}{M \cdot K}$$

$$a = 15.24 \cdot 10^{-6} \frac{M^2}{c}$$

$$\nu_{nem} = 11.13 \cdot 10^{-6} \frac{M^2}{c}$$

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

де δ - найменша товщина продукту, прийнята 0.15 м; Nu – критерій Нуссельта.

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

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

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

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

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

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

$$\alpha = \frac{407.8 \cdot 0.0217}{0.15} = 58.994 \frac{Bm}{M^2 \cdot K}$$

4. Тривалість заморожування за формулою Планка, с:

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

де ρ - густина продукту, прийнята $1050 \frac{кг}{м^3}$; δ - найменша товщина продукту, прийнята 0.15 м; α - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту до охолодного середовища, $\frac{Bm}{M \cdot K}$; R, P – коефіцієнти для

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$30116 \text{ с} = 8,4 \text{ годин.}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Техніко-економічне обґрунтування

Метою даного проекту являється будівництво холодильника та системи холодопостачання при молокозаводі у м. Вінниця.

Вінниця — місто на березі Південного Бугу з населенням 370 807 станом на 1 лютого 2012, адміністративний центр Вінницької області і Вінницького району, значний історичний та сучасний економічний і культурний центр держави.

Побудова даного підприємства у м. Вінниця дає змогу накопичувати молоко і молочні продукти, які по мірі необхідності відправляється до споживача. Велика кількість сіл дає можливість прийомки великої кількості молока від населення. Наявність холодильника при молокозаводі в такому великому населеному пункті дозволяє уникнути зайвих логістичних витрат, що позитивно відображається на вихідній ціні пропонованої споживачу продукції. Дане підприємство дасть змогу проводити більш ретельний санітарний контроль сировини, ретельнішу обробку ніж порівняно невеликі ферми і підприємствах, а це в свою чергу впливає на якість кінцевої продукції.

В даному проекті для забезпечення холодом камер зберігання та замороження, використовується насосно-циркуляційна схема подачі холодоагента, як одна з найефективніших та надійніших порівняно з подібними схемами, що працюють на фреоні. Схема охолодження обрана як з безпосереднім охолодженням, так і без, що дозволяє з одного боку зменшити капітальні затрати в порівнянні з

					00.БКР.142.008.003-ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.		Арк.	Аркушів	
Розроб.		Пархоменко С.Г.											
Перевір.		Пилипенко О.Ю.										23	149
Реценз.									ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ				
Н. Контр.													
Затверд.		Петренко В.П.											

використанням проміжного теплоносія, а з іншого – для безпечної обробки продукції при використанні проміжного носія (води, гліколю). Як теплообмінне обладнання для камер холодильника обрані батареї та повітроохолодники. Це дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже процес заморожування та охолодження прискорити. 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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Визначення основних розмірів і планування приміщень

5.1. Будівельну площу камери зберігання визначаю за формулою:

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

де E_K - місткість камери, т; β_F - коефіцієнт використання будівельної площі камери; h_B - вантажна висота, м; q_v - норма завантаження продукту т/м³;

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;

τ_M , τ_K – час зберігання у камерах молока та кефіру відповідно (згідно таблиці 1).

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

Будівельна площа камери:

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

Камера замороження творогу:

Місткість камери:

$$E_K = E_{\text{ЗМ.ТВ}} \cdot \tau_{\text{ЗМ.ТВ}}, \text{ Т}$$

$$E_K = 21 \cdot 1 = 21 \text{ Т}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат			
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Літ.	Арк.
Перевір.		Пилипенко О.Ю.				25	149
Реценз.						ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ	
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					

Будівельна площа камери:

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

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:

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

Камера дозрівання сиру:

Місткість камери:

$$E_K = E_{\text{дозр.с}} \cdot \tau_{\text{дозр.с}}, \text{ Т}$$

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

Будівельна площа камери:

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

5.2 Визначаю площу одного будівельного прямокутника за формулою:

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

де b – ширина будівельного прямокутника, м^2 ; l – довжина будівельного прямокутника, м^2 .

$$f = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

5.3. Визначаю кількість будівельних прямокутників за формулою:

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

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:

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ.	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 творогу:

$$F_d = 2 \cdot 36 = 72 \text{ м}^2$$

Камера зберігання замороженого творогу:

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

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 творогу:

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

Камера зберігання замороженого творогу:

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

Камера дозрівання сиру:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{KD} = \frac{20}{18.6} \cdot 720 = 774.2 \text{ Т}$$

Камера зберігання сиру:

$$E_{KD} = \frac{12}{11.667} \cdot 420 = 432 \text{ Т}$$

5.7. Приймаю площу експедиції:

$$F_{екс} = 0.4 \frac{\sum M}{0.35}, \text{ м}$$

$$F_{екс} = 326, \text{ м}$$

де $\sum M$ - загальне добове надходження продукту в камеру, т/добу;

5.8. Знаходжу площу допоміжних приміщень за форм:

$$F_{дон} = 0.3 \cdot \sum F_{б\gamma\delta}, \text{ м}^2 \quad (5.7)$$

$$F_{дон} = 0.11 \cdot (43.557 + 23.333 + 600 + 667 + 400) = 190 \text{ м}^2$$

де $\sum F_{б\gamma\delta}$ - загальна площа камери зберігання, м^2 ;

5.9. Знаходжу площу холодильника в контурі ізоляції:

$$F'_{хол} = \sum F_{б\gamma\delta} + F_{екс} + F_{дог}, \text{ м}^2 \quad (5.8)$$

$$F'_{хол} = 1734 + 326 + 190 = 2250 \text{ м}^2$$

5.10. Знаходжу площу службових приміщень за формулою:

$$F_{сл} = 0.15 \cdot \sum F_{б\gamma\delta}, \text{ м}^2 \quad (5.9)$$

$$F_{сл} = 0.065 \cdot 1734 = 112 \text{ м}^2$$

5.11. Знаходжу площу машинного відділення за формулою:

$$F_{маш} = 0.15 \cdot \sum F_{б\gamma\delta}, \text{ м}^2 \quad (5.10)$$

$$F_{маш} = 0.15 \cdot 1734 = 260 \text{ м}^2$$

5.12. Знаходжу площу всього холодильника:

$$F_{хол} = \sum F_{б\gamma\delta} + F_{екс} + F_{дон} + F_{сл} + F_{маш}, \text{ м}^2 \quad (5.11)$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ.	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Всі розрахунки зведені в таблицю 5.1 і 5.2

Таблиця 5.1

Назва камери	Ек, т	$g_v, \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$	β_F	$h_v, \text{м}$	$F_{буд}, \text{м}^2$	$f, \text{м}_2$	n	n_d	$F_d, \text{м}_2$	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

Таблиця 5.2

Назва камери	$F_{\text{буд, м}^2}$	$f, \text{м}^2$	n	n_d	$F_{d, \text{м}^2}$
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

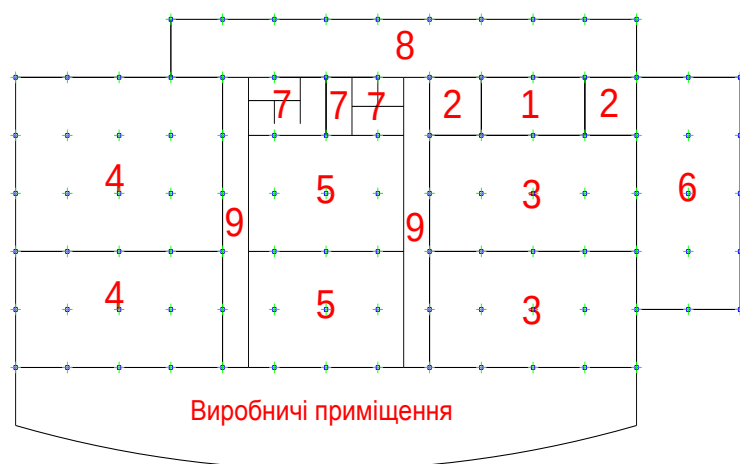
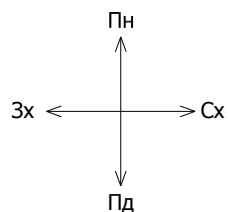
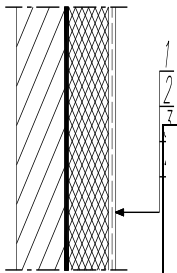


Таблица 5.3

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	Сжужбові відділення	20	
8	Автомобільна платформа- експедиція	12	
9	Коридор	12	

6. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника



Таблиця 6.1

Зовнішня стіна	δ м	λ Вт/м*К	$\Sigma \delta_i / \lambda_i$ 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	

Термічний опір окремих шарів будівельної конструкції знаходжу за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

де δ_i – товщина будівельного шару; λ_i – коефіцієнт теплопровідності будівельного шару.

$$R_{um} = \frac{0.02}{0.98} = 0.02 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Пархоменко С.Г.				Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Літ.	Арк.
Перевір.	Пилипенко О.Ю.					33	149
Реценз.						TEXT. ННІТІ. НУХТ	
Н. Контр.							
Затверд.	Петренко В.П.						

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

$$R_{бет} = \frac{0.14}{1.86} = 0.075 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

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

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.02 + 0.013 + 0.075 = 0.108 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Знаходжу потрібну товщину ізоляційного шару:

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

де $\lambda_{із}$ - коефіцієнт теплопровідності ізоляції;

k_o^{mp} - коефіцієнт теплопередачі який вибирається із таблиці;

α_n - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження;

α_B - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої або більш холодної сторони огороження.

Зовнішні стіни:

$$\delta_{із(дозр.сиру)} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.64} - \left(\frac{1}{23} + 0.108 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0.064 \text{ м}$$

$$\delta_{із(збер.твор.)} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.23} - \left(\frac{1}{23} + 0.108 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.204 \text{ м}$$

$$\delta_{із(експедиція)} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.64} - \left(\frac{1}{23} + 0.108 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.065 \text{ м}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаю дійсне значення товщини теплоізоляції $\delta_{i3д}$, округлюючи розрахункове значення δ_{i3} в бік зростання.

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

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

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

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

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

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 теплому приміщенні;

t_H - температура повітря у більш холодному приміщенні.

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

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

					00.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

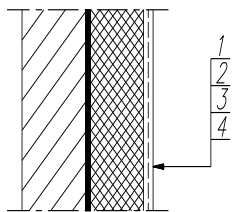
$$\tau_{B(\text{експедиція})} = 12 - \frac{12 - 7.1}{\frac{1}{0.442} \cdot 9} = 11.7$$

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

Таблица 6.2



Внутрішня стіна	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma \delta_i / \lambda_i$ м ² 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:

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

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

$$R_{\delta_{em}} = \frac{0.24}{0.47} = 0.51 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

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

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.02 + 0.013 + 0.51 = 0.543 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Знаходжу потрібну товщину ізоляційного шару:

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

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

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

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

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

$$\delta_{iz(зам.твор_№13х)} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.26} - \left(\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.154 m$$

$$\delta_{iz(зам.твор_№2Сх)} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.205} - \left(\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.206 m$$

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

$$\delta_{iz(визр.сирПд.)} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.52} - \left(\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0.057 m$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

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

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

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

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

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$k_{\partial(\text{визр.сируПд.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.358 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$k_{\partial(\text{визр.сируЗх.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{8} + \frac{0.05}{0.05}} = 0.558 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$k_{\partial(\text{збер.сируЗх.Сх.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.36 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

$$k_{\partial(\text{збер.сируПн.Пд.})} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.543 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.36 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

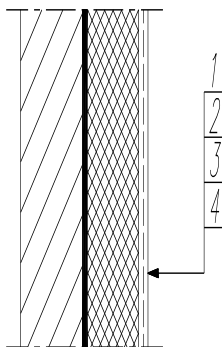


Таблица 6.3

Перегородка між камерами	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma \delta_i / \lambda_i$ м²К/Вт
1. Штукатурка складним розчином і 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:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda}$$

Д, де δ_i – товщина будівельного шару; λ_i – коефіцієнт

теплопровідності будівельного шару.

$$R_{um} = \frac{0.02}{0.98} = 0.02 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

$$\delta_{\text{із(замор.творогу(1Сх.2.3х))}} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.26} - \left(\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.178 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{із(замор.творогу(1_2 Пн.))}} = 0.05 \cdot \left[\frac{1}{0.215} - \left(\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0.219 \text{ м}$$

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Роблю перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

$$k_{\partial(експ.Под_2)} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0.076 + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.433 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

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

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

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

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

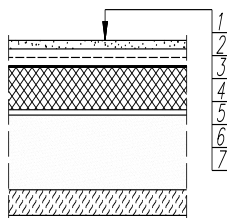
$$k_{\partial(замор.творогу(Под.))} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0.076 + \frac{1}{11} + \frac{0.1}{0.05}} = 0.439 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

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

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

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

					00.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 6.4

Підлога	δ м	λ Вт/мК	Σδ _i /λ _i м²К/Вт
1. Монолітне бетонне перекриття із важкого бетону	0,040	1,86	2,433
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°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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

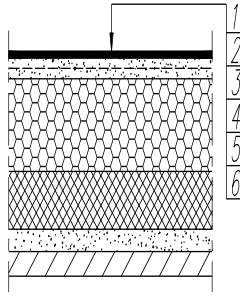


Таблица 6.5

Покриття	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma \delta_i / \lambda_i$ м ² К/Вт
1. 5 шарів гідроізолю на бітумній маст	0,012	0,30	0,134
2. Цементно-піщаний розчин на металевій сітці	0,040	0,98	
3. Пароізоляція (шар пергаменту)	0,001	0,15	
4. Теплоізоляція із пінополістирол ПС	-	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:

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

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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.

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

$$k_{д(покриття_середн)} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0.134 + \frac{1}{9} + \frac{0.15}{0.05}} = 0.304$$

Всі вище перераховані дані заносу в таблицю 6.6:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.6

Огородження	$t_{\text{в}},$ °C	$\alpha_{\text{н}},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$	$\alpha_{\text{в}},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$	$R_{\text{н}},$ $\frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{\text{в}},$ $\frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$	$\frac{\delta_i}{\lambda_i},$ $\frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$	Товщина теплоізол. шару, мм		Коеф. теплопер. $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$	
							$\delta_{\text{із}}^{\text{тр}}$	$\delta_{\text{із}}^{\text{п}}$	$k_{\text{о}}^{\text{тр}}$	$k_{\text{о}}^{\text{п}}$
Зовнішня стіна камери дозрівання сиру	13	23	8	0.043	0.125	0.108	64	100	0.64	0.439
Зовнішня стіна камери зберігання 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 замороженого творогу (Пн.)	-25	9	9	0.111	0.111	0.543	165	200	0.28	0.21
Внутрішня стіна камери зберігання замороженого творогу (Пд.)	-25	8	9	0.125	0.111	0.543	205	250	0.205	0.173
Внутрішня стіна камери зберігання замороженого творогу (Сх.)	-25	8	9	0.125	0.111	0.543	205	250	0.205	0.173
Внутрішня стіна камери зберігання замороженого творогу (Зх.)	-25	8	9	0.125	0.111	0.543	194	200	0.215	0.209
Внутрішня стіна камери заморозки творогу № 1 (Зх.)	-30	8	11	0.125	0.091	0.543	154	200	0.26	0.21
Внутрішня стіна камери заморозки 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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Покриття низькотемпературн их камер	-25	23	9	0.0435	0.111	0.134	240	250	0.21	0.19
Покриття середньотемпературн их камер	-3	23	9	0.0435	0.111	0.134	133	150	0.34	0.304

					00.БКР.142.008.003-ПЗ					Арк.
										49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

7. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних 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 тона. Висота камери 5 м.

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

Через огородження (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:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1II} + Q_{1C} + Q_{1CT}, \text{ кВт}$$

де Q_{1T} - теплоприток через стіни,

					00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пархоменко С.Г.									
Перевір.		Пилипенко О.Ю.								50	149
Реценз.									ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.									

$Q_{\text{пл}}$ - теплоприток через підлогу,

$Q_{\text{іс}}$ - теплоприток від сонячної радіації,

$Q_{\text{ст}}$ - теплоприток від стелі.

7.1.2. Розраховую теплопритоки через зовнішнє огородження під дією різниці температур

$$Q_{\text{пл}} = k_{\theta} \cdot F \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}}) \cdot 10^{-3}, \text{кВт}$$

де k_{θ} - дійсний коефіцієнт теплопередачі через огорожу,

F - розрахункова площа поверхні огорожі,

$t_{\text{г}}$ - розрахункова літня температура повітря зовнішнього боку огородження,

$t_{\text{в}}$ - розрахункова температура повітря всередині охолоджуючої камери.

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

$$Q_{\text{пл}} = k_{\theta} \cdot F \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}}) \cdot 10^{-3}, \text{кВт}$$

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

для підлоги без нагріву

$$Q_{\text{пл}} = \sum k_{\text{умов}} \cdot F \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}}) \cdot m \cdot 10^{-3}, \text{кВт}$$

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

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

де δ_n - товщина окремих шарів підлоги,

λ_n - коефіцієнт теплопровідності окремих шарів підлоги,

$m = 1$ - для неізольованої підлоги.

4.1.4. Знаходимо теплоприток від дії сонячної радіації:

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

де Δt_C - надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час.

Камера дозрівання сиру № 1:

Від стін:

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

Приймаю умову що сусідня камера не працює

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

Так як в коридорі температура та ж сама як у камері

$$Q_{\text{IT(СХ)}} = 0 \text{ кВт}$$

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

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

Від стелі:

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

Від ґрунту:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

$$Q_{1Т(СХ)} = 0 \text{ кВт}$$

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

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

Від стелі:

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

Приймаємо що камера не працює

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

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

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:

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

Приймаємо що камера не працює

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

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

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

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

Від стелі:

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

Від ґрунту:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						55
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:

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

$$Q_{1Т(ПД)} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Т(СХ)} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1Т(ЗХ)} = 0 \text{ кВт}$$

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

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:

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

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

Камера зберігання тварогу 2 (нижня):

Від стін:

Приймаю умову що сусідня камера не працює

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

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

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

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

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

Від стелі:

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

Від ґрунту:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

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

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

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

Експедиція:

Від стін:

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

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

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

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

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Від сонячної радіації:

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

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва камери	$F_{\text{кам}},$ м ²	$t_{\text{кам}},$ °C	$Q_{1\text{т}},$ кВт	$Q_{1\text{ст}},$ кВт	$Q_{1\text{п}},$ кВт	$Q_{1\text{с}},$ 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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

7.2 Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів.

7.2.1. Розраховуюю теплопритік при термічній обробці продуктів за формулою:

$$Q_2 = Q_{2PP} + Q_{2П} + Q_{2T}$$

7.2.1 Знаходжу теплопритік при до охолоджені продуктів за формулою:

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

де M_{PP} - денне надходження продукту,

Δi - різниця ентальпій при початковій і кінцевій температурах.

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

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

$\tau_{обр}$ - 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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

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

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

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 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,

η_e - ККД електродвигуна.

7.3.5. Знаходимо теплопритік від відкривання дверей за формулою:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де K - питомий теплопритік від відкривання 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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$q_2 = 0.35 \cdot 4 = 1.4 \text{ } \kappa Bm$$

$$q_3 = 4 \cdot 0.85 = 3.4 \text{ } \kappa Bm$$

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва камери	F _д м ²	A Вт/м ²	q ₁ кВт	n чол	q ₂ кВт	N _{еп} кВт	q ₃ кВт	K Вт/м ²	q ₄ кВт	Q ₄ 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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ					Арк.
										71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Назва камери	Q ₁ , кВт	Q ₂ кВт	Q ₄ 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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресор

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

Напідприємствах молочної промисловості теплове навантаження визначається графіком роботи технологічних апаратів і характеризується великою нерівномірністю напротязі 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:

$$Q_{1км} = 0.9 \cdot Q_1$$

Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів приймають:

$Q_{2км} = Q_2$ - для камер термообробки, Вт;

$Q_{2км} = 0.6 \cdot Q_2$ - для камер зберігання охолоджених вантажів, Вт;

$Q_{2км} = 0.7 \cdot Q_2$ - для камер зберігання заморожених вантажів, Вт.

Навантаження на компресор від експлуатаційних теплопритоків приймають:

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

Навантаження на компресор визначаю за формулою:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця		Літ.	Арк.
Перевір.		Пилипенко О.Ю.						Аркушів
Реценз.							73	149
Н. Контр.							ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ	
Затверд.		Петренко В.П.						

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

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, приймемо, що охолоджуватися вони будуть за допомогою гліколю, який в свою чергу буде охолоджувати хладагент -8°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, приймемо, що ці камери теж будуть на системі -38°C з регулятором температури кипіння до -30°C .

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



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

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:

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

$$Q_{\text{збер_сиру1}} = 0.9 \cdot 5.113 + 0.6 \cdot 3.962 + 0.75 \cdot 8.403 = 13.281 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{збер_сиру2}} = 0.9 \cdot 5.113 + 0.6 \cdot 3.962 + 0.75 \cdot 8.403 = 13.281 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{визр_сиру1}} = 0.9 \cdot 7.653 + 0.6 \cdot 1.382 + 0.75 \cdot 8.9 = 14.392 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{визр_сиру2}} = 0.9 \cdot 4.838 + 0.6 \cdot 0.921 + 0.75 \cdot 8.568 = 11.333 \text{ кВт}$$

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						76
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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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°C , температура конденсації 35°C , температура льодяної води 1°C .
- двоступеневу фреонову схему з регулятором тиску кипіння (-28°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°C , -28°C -35°C температура конденсації 35°C .

					00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пархоменко С.Г.									
Перевір.		Пилипенко О.Ю.								78	149
Реценз.									ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.									

10. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

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 $\Delta t_c \div 4^{\circ}\text{C}$ вище температури води, що виходить з конденсатора:

$$t_c = t_{w2} + \Delta t_c \div 4^{\circ}\text{C} = t_{w1} + \Delta t_w + \Delta t_c \div 4^{\circ}\text{C}.$$

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

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{mm}},$$

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

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

Тип конденсатора кожухотрубний.

Для м. Вінниця температура мокрого термометру при $t_c = 32^{\circ}\text{C}$;

$$\varphi = 72\% - t_{m.m.} = 26^{\circ}\text{C}.$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу ч м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів			
Розроб.		Пархоменко С.Г.										79	149	
Перевір.		Пилипенко О.Ю.							ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ					
Реценз.														
Н. Контр.														
Затверд.		Петренко В.П.												

тоді

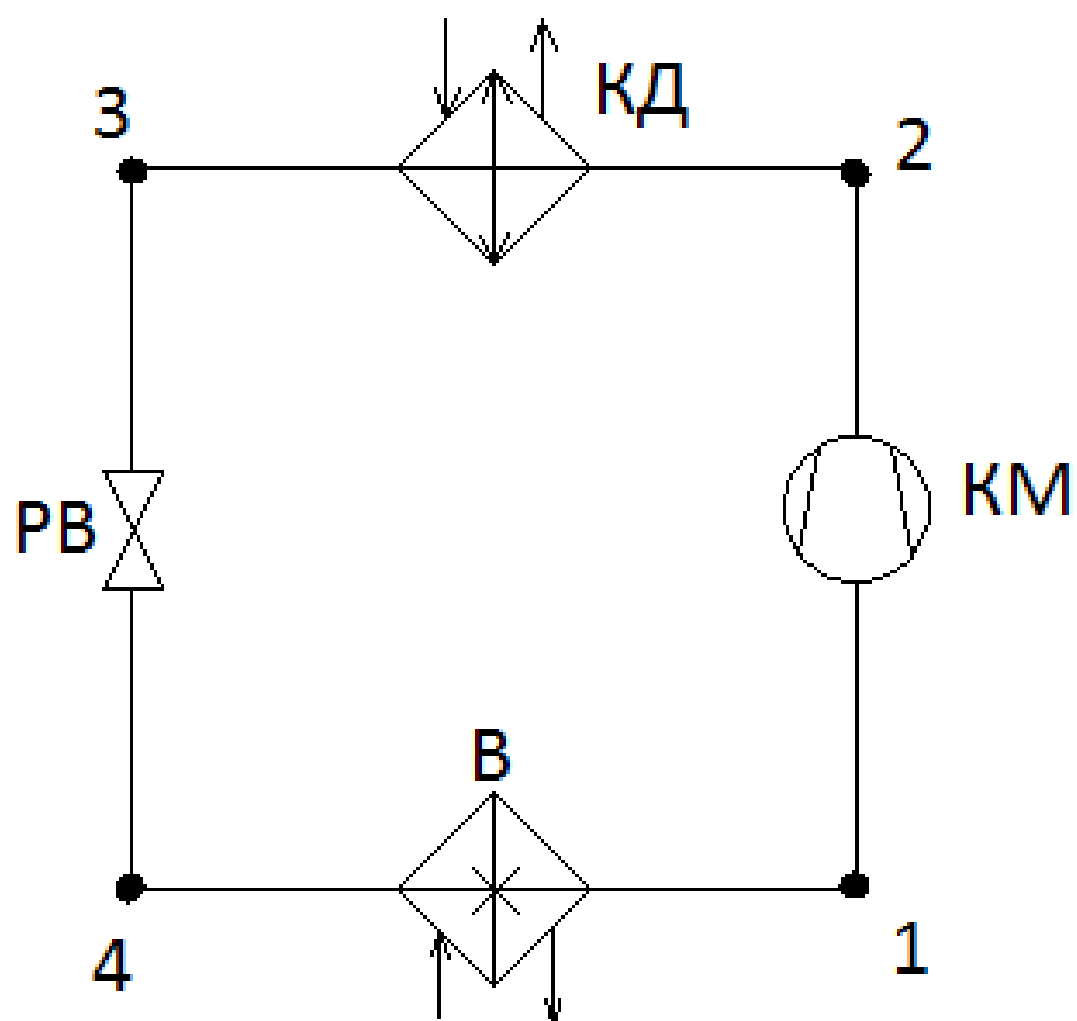
$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{m.m.} = \frac{5}{0,8} + 26 = 32,2^\circ\text{C};$$

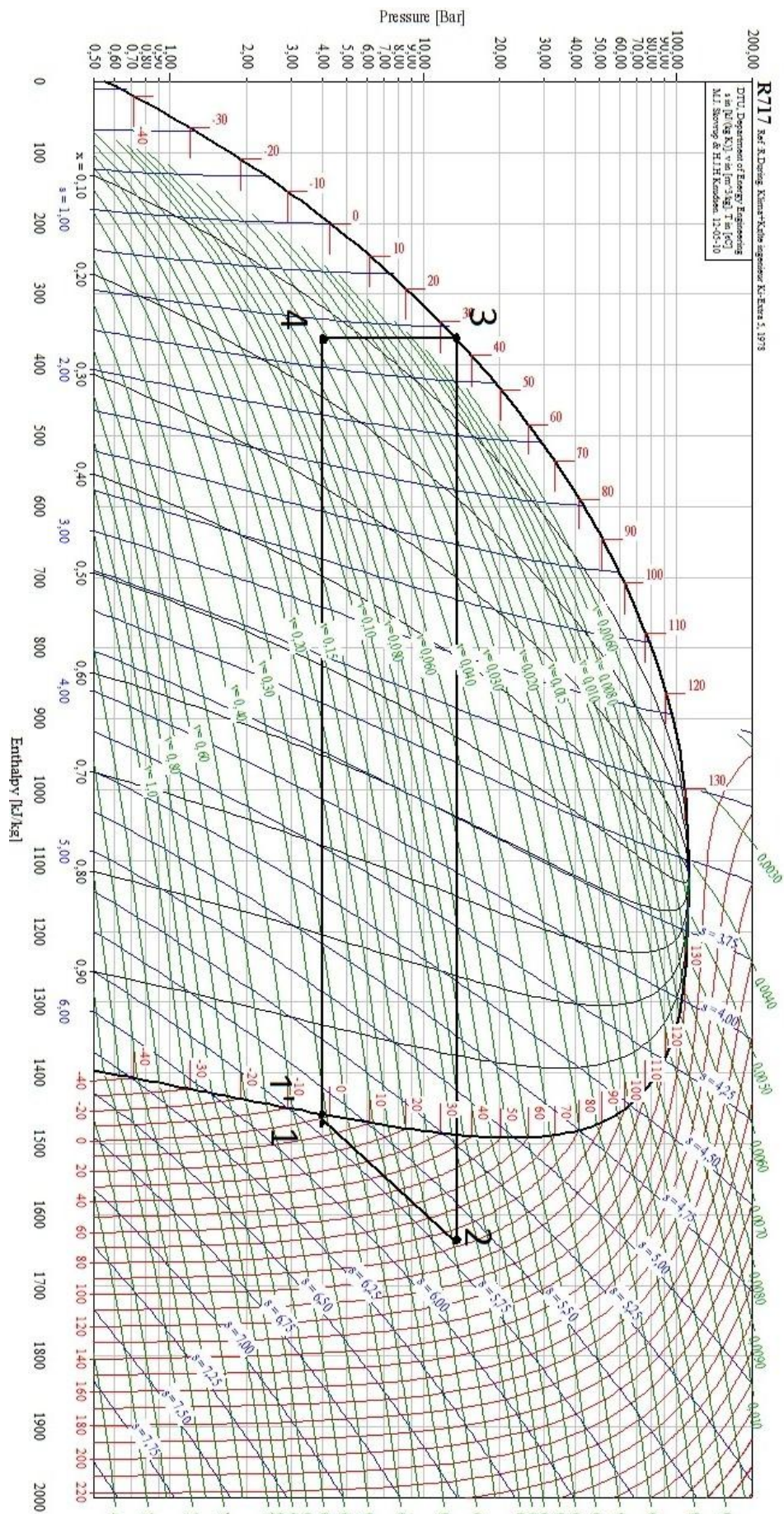
$$t_k = t_{w2} + \frac{t_{w2} - t_{m.m.}}{4} = 32,2 + 3 = 35^\circ\text{C}.$$

Перегрівання пари холодильного агента приймаю 2°C .

Будуємо цикл в $\lg P-h$ діаграмі для R717. Значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл. 10.1

№ точки	t, °C	p, бар	v, 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.БКР.142.008.003-ПЗ

Арк.

82

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, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$:

$$l_t = i_2 - i_1$$

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

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 агенту, потрібного для відводу теплопритоків, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$:

$$M_T = \frac{Q_{OT}}{q_0} ,$$

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

де Q_{OT} - потрібна холодопродуктивність компресора.

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

λ - 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 ³ /с	мм	мм	мм	кг
Grasso 610	6	0.117	1125	890	815	725

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

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

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

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

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

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

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

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

де l_t - питома робота стиснення в компресорі.

Дійсна потужність стиснення:

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

де η_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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$N_9 = \frac{63.8}{0.9} = 70.88 \text{ кВт}$$

Номінально на кожному компресорі має стояти двигун потужністю 70.88 кВт плюс запас 10%.

Приймаю 3 двигуни номінальною потужністю 90 кВт кожний.

Теплове навантаження на конденсатор без врахування втрат в процесі стиснення:

$$Q_K = M_{KM} \cdot q_k$$

$$Q_K = 0.261 \cdot 1276.5 = 333.176 \text{ кВт}$$

$$333.176 \cdot 3 = 999.525 \text{ кВт}$$

З врахуванням втрат:

$$Q_{K,Д} = Q_0 + N_i$$

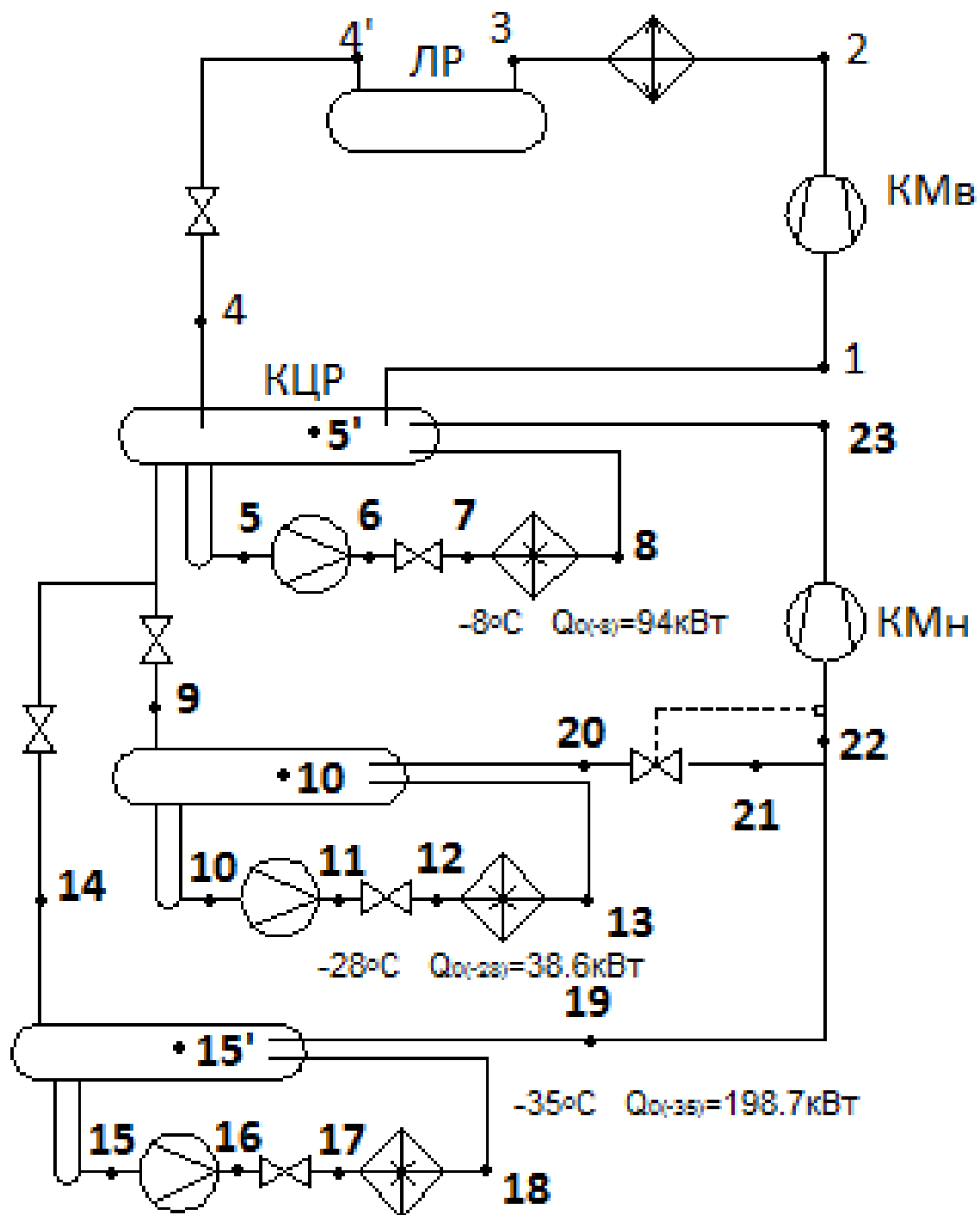
$$Q_{K,Д} = 285.795 + 57.42 = 343.215 \text{ кВт}$$

$$857.385 + 172.26 = 1030 \text{ кВт}$$

Побудова циклу та розрахунок фреонової холодильної машини (працює на камери):

Температури кипіння:	-8 °C	-28 °C	-35 °C
Температура конденсації:	+35 °C		

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

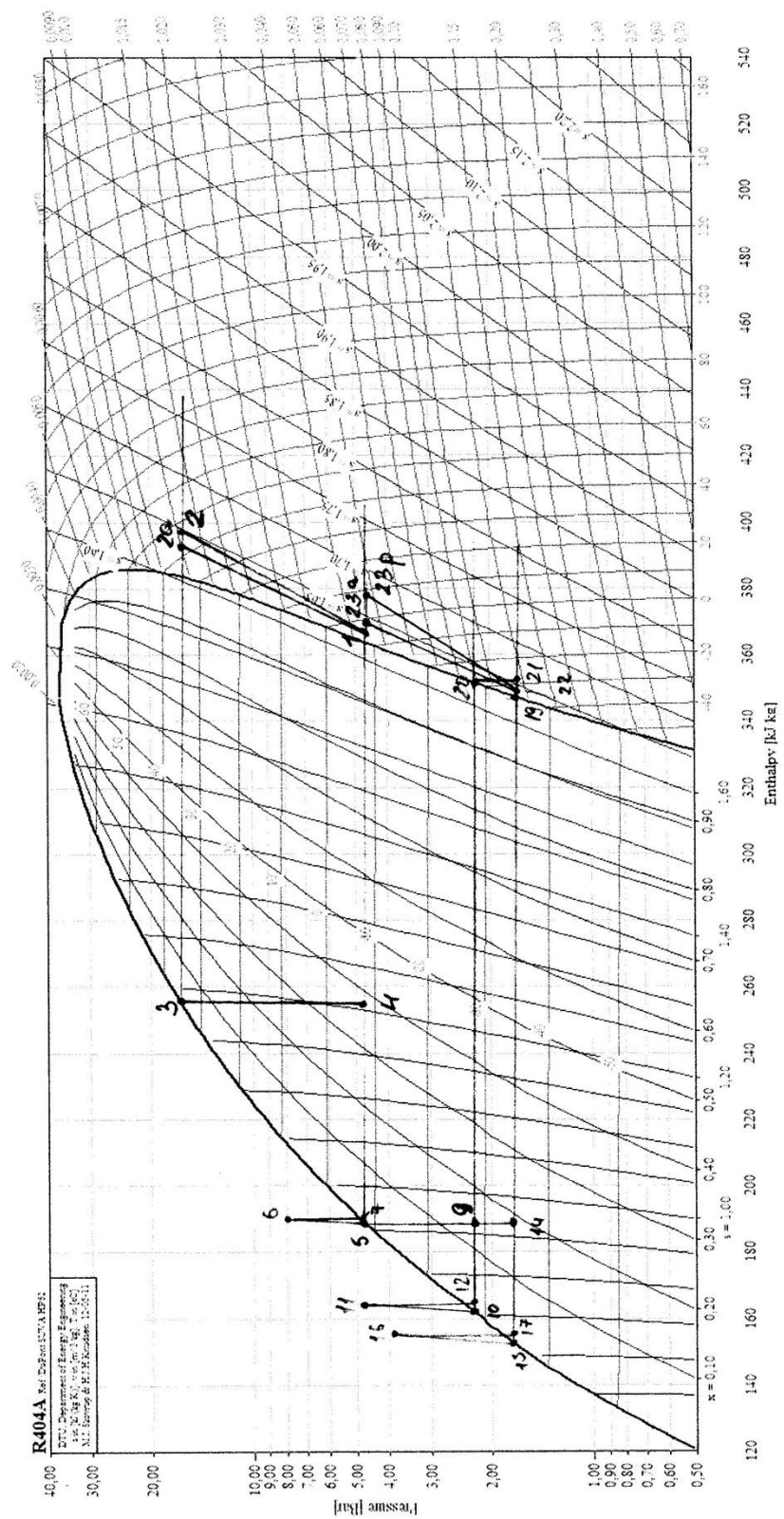


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.БКР.142.008.003-ПЗ

Арк.

87



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

00.БКР.142.008.003-ПЗ

Арк.

88

№ точки	t, °C	p, бар	u, м³/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

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:

$$l_t = i_2 - i_1$$

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

Низька ступінь:

$$l_t = i_{23} - i_{22} = 375 - 345 = 30 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

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

$$M_{(-35)} = \frac{Q_0}{h_{19} - h_{17}}$$

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

$$M_{(-28)} = \frac{Q_0}{h_{20} - h_{12}}$$

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

$$M_{(-8)} = \frac{Q_0}{h_1 - h_7}$$

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

					00.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{2p} = 367 + \frac{390 - 367}{0.86} = 394 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Складаю масовий баланс:

$$M_{(-8)} \cdot h_1 + m_{(-8)} \cdot h_4 + (m_{(-35)} + m_{(-28)}) \cdot h_{23} = M_{(-8)} \cdot h_5 + (m_{(-35)} + m_{(-28)}) \cdot h_5 + m_{(-8)} \cdot h_1$$

З нього виводимо:

$$m_{(-8)} = \frac{M_{(-8)} \cdot (h_1 - h_4) + (m_{(-35)} + m_{(-28)}) \cdot (h_{23} - h_5)}{h_1 - h_4}$$

$$m_{(-8)} = \frac{0.537 \cdot (367 - 190) + (1.276 + 0.235) \cdot (375 - 190)}{367 - 252} = 3.257 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Потрібна теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_{T(\text{КМн})} = \frac{(m_{(-35)} + m_{(-28)}) \cdot v_{22}}{\lambda}$$

$$V_{T(\text{КМн})} = \frac{(1.276 + 0.235) \cdot 0.12}{0.85} = 0.213 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{(\text{ККМв})} = \frac{m_{(-8)} \cdot v_1}{\lambda}$$

$$V_{T(2\text{КМв})} = \frac{3.257 \cdot 0.045}{0.82} = 0.179 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Приймаю на високу ступінь 4 компресори Grasso 410.

На низьку 3 компресори Grasso 410.

Модель	Кількість циліндрів	Теоретична подача при макс. об/хв	Довжина	Ширина	Висота	Маса(без двигуна)
	шт.	м³/с	мм	мм	мм	кг
Grasso 410	4	0.078	945	890	815	610

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

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

$$M_{\text{КМ}} = \frac{\lambda \cdot V_{\text{КМ}}}{v_1}$$

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, кВт :

$$N_T = M_{\text{КМ}} \cdot l_t$$

Висока ступінь:

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

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

Низька ступінь:

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

$$13.65 \cdot 3 = 40.95 \text{ кВт}$$

де l_t - питома робота стиснення в компресорі.

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна потужність стиснення:

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

де η_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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$18.95 \cdot 3 = 56.85 \text{ кВт}$$

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:

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Вибір теплообмінних апаратів

Розрахунок аміачного кожухотрубного конденсатора

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

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

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_{\text{КД}}}{k_k \cdot \Delta t} = \frac{1030 \cdot 10^3}{800 \cdot 4} = 321.875 \text{ м}^2;$$

k_k - коефіцієнт теплопередачі для кожухотрубного аміачного конденсатора;

Знаходимо витрату охолоджувальної води на конденсатор:

$$V_{\omega k} = \frac{Q_{\text{КД}}}{c_{\omega} \cdot \rho_{\omega} \cdot \Delta t_{\omega k}} = \frac{1030}{4,19 \cdot 1000 \cdot 4} = 0,061 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Літ.	Арк.
Перевір.		Пилипенко О.Ю.					96
Реценз.						ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ	
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
						Аркушів	149

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:

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

k_k - коефіцієнт теплопередачі для кожухотрубного фреонового конденсатора;

Знаходимо витрату охолоджувальної води на конденсатор:

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

Марк а	Площа внутрішньої теплообмін ної поверхні	Габаритні розміри, мм				Маса, кг	Кількість
		Діамет р кожуха	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, Δt_{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.

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Показник	Одиниці виміру	Значення
Площа зовнішньої поверхні	м ²	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, Δt_{cp} буде дорівнювати

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

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

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

Площа теплопередачі дорівнює:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						99
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 ²	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:

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

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

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

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

Обираю повітроохолодник типу Garcia Camara 170 B6

Типорозмір	170 B6
Крок ребра, мм	6
Об'єм, л	13.7
Номинальна потужність при $t_0 = -8^\circ \text{C}$, кВт	16.9
Поверхня теплообміну, 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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця		
Розроб.	Пархоменко С.Г.						
Перевір.	Пилипенко О.Ю.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Петренко В.П.				Літ. Арк. Аркушів 101 149 TEXT. ННІТІ. НУХТ		

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 Camara 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, 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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Обираю 2 повітроохолодники типу Garcia Camara LC 289 C

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

Камера зберігання сиру №1 та №2:

$$Q_{кам} = 17.478 кВт$$

Знаходимо площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника:

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

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираю 2 повітроохолодник типу Garcia Camara LC 136 B

Типорозмір	LC 136 B
Крок ребра, мм	7
Об'єм, л	14.4
Номинальна потужність при $t_0 = -8^\circ\text{C}$, кВт	18
Поверхня теплообміну, 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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираю 2 повітроохолодники типу Garcia Camara 75 B6

Типорозмір	75 B6
Крок ребра, мм	6
Номинальна потужність при $t_0 = -8^{\circ}\text{C}$, кВт	7.4
Поверхня теплообміну, 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 $t_{\text{кам}}$.

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

До установки приймаємо 8 двухколекторних батарей С2К з площею теплообмінної поверхні 39,1 м², 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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Розрахунок охолодника оборотної води

Розрахунок і вибір градирні для аміачної схеми.

Теплове навантаження градирні рівне тепловому навантаженню на конденсатор:

$$Q_{zp} = Q_{KD} = 1030 \text{ кВт.}$$

Знаходимо площу поперечного перерізу градирні:

$$q_F = 35 \text{ кВт/м}^2;$$

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

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пархоменко С.Г.									
Перевір.		Пилипенко О.Ю.								107	149
Реценз.									ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.									

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

Технічні характеристики градирні ГРАД-280	
Кількість охолоджуваної, м ³ /год	280
Площа поверхні зрошування, м ²	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 ²	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 хладонової 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:

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

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

Технічні характеристики градирні ГРАД-280	
Кількість охолоджуваної, м ³ /год	280
Площа поверхні зрошування, м ²	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 ²	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

14. Вибір допоміжного обладнання

Лінійний ресивер (хладонова схема)

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

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

$V_{\text{пв}}$ і $V_{\text{то}}$ – внутр. об'єм труб повітроохолодників та теплообмінників із гліколем.

Ємність повітроохолодників:

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

Ємність теплообмінника із гліколем:

$$V_{\text{то}} = 30 \text{ дм}^3 = 0.03 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \times (0.293 + 0.03) = 0.194$$

До установки приймаємо 1 горизонтальний лінійний ресивер ТЕКО TSST 100.

Модель	Місткість, л	Габаритні розміри			Маса
TSST 200	200	Ширина	Глубина	Висота	208

					00.БКР.142.008.003-ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Пилипенко О.Ю.						110	149
Реценз.							ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
Н. Контр.									
Затверд.		Петренко В.П.							

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
TSST 250	250	Ширина	Глубина	Висота	208

Мастиловіддільники.

Мастиловіддільники підбирають по діаметру нагнітального трубопроводу КМ та встановлюють за компресором на лінії нагнітання ($D_{\text{зоб}} = 352 \text{ мм}$; $H = 724 \text{ мм}$; $D_{\text{вн}} = 50 \text{ мм}$)

На кожен компресор ставимо мастиловіддільник Bitzer OA1854 (Маса – 54 кг; навантаження масла – 18 л; максимальний робочий тиск – 28 бар; максимальна температура входу масла - 120 нагрівач картера – 1*140 Вт).

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

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 приладіохолодження:

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

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

Тоді

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

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
IGBH 501	500	Ширина	Глубина	Висота	330

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

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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

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
IGBH 674	674	Ширина	Глубина	Висота	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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

Модель	Місткість, л	Габаритні розміри			Маса
ІВН 787	787	Ширина	Глибина	Висота	459

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння -2°C(аміачна схема).

$$M = 0.261 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\rho = \frac{1}{0.3134} = 3.19 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.261}{3.14 \cdot 3.19 \cdot 15}} = 0.083 \text{ м}$$

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

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0.261 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\rho = \frac{1}{0.1212} = 8.25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця				Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Пархоменко С.Г.										115	149
Перевір.		Пилипенко О.Ю.							ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ				
Реценз.													
Н. Контр.													
Затверд.		Петренко В.П.											

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.261}{3.14 \cdot 8.25 \cdot 15}} = 0.05 \text{ м}$$

Приймаємо трубу $d_y = 50 \text{ мм}$

Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння -8°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°C (фреонова схема).

$$M = 1.21 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

$$\rho = \frac{1}{0.045} = 22.22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\omega = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.21}{3.14 \cdot 22.22 \cdot 10}} = 0.083 \text{ м}$$

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 ($t_o = -2 \text{ }^\circ\text{C}$)

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:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117

$$f_{\text{вн}} = \frac{M}{\rho \cdot w} = \frac{0.261}{642 \cdot 1.2} = 3.38 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

Рідинна лінія ($t_0 = -8^\circ\text{C}$)

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

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 ΔP , зумовлених гідравлічними опорами, що виникають при русі робочого середовища в трубах та теплообмінних апаратах. Значення величини ΔP 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

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

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:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 7;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 7 \cdot \frac{685 \cdot 0,5^2}{2} = 0,599 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 685 \cdot 0,07}{29,1 \cdot 10^{-6}} = 823883$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,07} + \frac{64}{823883} \right)^{0,25} = 0,105$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R = \frac{0,105}{0,07} \cdot \frac{685 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 128 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 25 \text{ м}$:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l = 128 \cdot 25 = 3200 \text{ Па};$$

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:

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м.с.}};$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{678 \cdot 0,5^2}{2} = 0,678 \text{ кПа};$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 678 \cdot 0,07}{26 \cdot 10^{-6}} = 912692$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,07} + \frac{64}{912692} \right)^{0,25} = 0,105$$

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:

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{мп}} + \Delta P_{\text{м.с.}};$$

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_{\text{м}} = \xi_{\text{зв.к.лапан}} + \xi_{\text{коліно}} + \xi_{\text{відвід } 90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{650 \cdot 0,5^2}{2} = 0,650 \text{ кПа};$$

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 650 \cdot 0,04}{22 \cdot 10^{-6}} = 590909$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,04} + \frac{64}{590909} \right)^{0,25} = 0,121$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1м:

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,121}{0,04} \cdot \frac{650 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 245 \text{ Па} / \text{м};$$

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:

$$\Delta P_i = \Delta P_{mp} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_{м.} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_{м.} = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід 90^\circ} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

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

$$Z = 8 \cdot \frac{1005 \cdot 0,5^2}{2} = 1,005 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 1005 \cdot 0,04}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 11872$$

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,04} + \frac{64}{11872} \right)^{0,25} = 0,122$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,122}{0,04} \cdot \frac{1005 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 383 \text{ Па} / \text{м};$$

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:

$$\Delta P = 1005 + 19150 = 20155 \text{ Па}.$$

					00.БКР.14.2.008.003-ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо втрати тиску в трубопроводі від теплообмінника з льодяною водою до споживачів $t = 1^{\circ}\text{C}$.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{mp} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_{м} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_{м} = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^{\circ}} = 5 + 1 + 1 = 8;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 8 \cdot \frac{1024 \cdot 0,5^2}{2} = 1,182 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 1024 \cdot 0,04}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 12205$$

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{0,04} + \frac{64}{12205} \right)^{0,25} = 0,122$$

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:

$$\Delta P = 1182 + 19500 = 20682 \text{ Па}.$$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Підбір насосів

В насосно циркуляційних схемах установок для перекачування рідкого фреону використовують герметичні електронасоси. Насос встановлюється якомога ближче до циркуляційного ресивера. Щоб не відбулося википання рідини, необхідно мати надлишковий тиск на вході в насос по відношенню до тиску в циркуляційному ресивері.

Насос для перекачування рідин підбирають по двом основним параметрам: Подачі V ($\text{м}^3/\text{с}$) та повному тиску P (в Па), створюючому насосу.

Приймаємо, що насоси в машинному відділенні знаходяться біля підлоги, а обв'язка трубопроводів знаходиться по-під стелею. Тому потрібно приймати додатковий напір 6м (висота стелі).

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \times g} - \text{потрібний напір насоса};$$

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{M_i}{\rho} - \text{потрібна подача насоса}.$$

де $n_{\text{ц}}$ — кратність циркуляції.

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння - 35°C.

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{3799}{685 \times 9,81} = 0.565\text{м}$$

З врахуванням висоти: $H = 0.565 + 6 = 6.565\text{м}$

					00.БКР.142.008.003-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пархоменко С.Г.			Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Літ.	Арк.
Перевір.		Пилипенко О.Ю.				124	149
Реценз.						TEXT. ННІТІ. НУХТ	
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{M_{-35}}{\rho} = 6 \times \frac{1.21}{685} = 0,0105 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 48,15 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Вибираємо 2 насоси WITT HRP 10080 1робочий і 1 резервний (об'ємна продуктивність $53 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, напір 8м, макс. напір 53 м, макс. продуктивність $54 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, частота обертів 2900, потужність двигуна 8,8 кВт, розміри патрубків вхід DN100 вихід DN80, маса 117 кг, заправка матила 1.6 кг)

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння - 28°C.

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{4488}{678 \times 9,81} = 0.674$$

З врахуванням висоти: $H = 0.674 + 6 = 6.674\text{м}$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{M_{-28}}{\rho} = 4 \times \frac{0.23}{678} = 0,0013 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 4,88 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Вибираємо 2 насоси WITT HRP 3232 1 робочий і 1 резервний (об'ємна продуктивність $4.9 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, напір 6 м, макс. напір 27 м, макс. продуктивність $5.5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, частота обертів 2900, потужність двигуна 1 кВт, розміри патрубків вхід DN32 вихід DN32, маса 43 кг, заправка матила 0.75 кг)

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння - 8°C.

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{20250}{650 \times 9,81} = 0,81\text{м}$$

З врахуванням висоти: $H = 0,81 + 6 = 6,81\text{м}$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{M_{-8}}{\rho} = 4 \times \frac{0,455}{650} = 0,0028 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 10,08 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Вибираємо 2 насоси 1 робочий і 1 резервний WITT HRP 5040 (об'ємна продуктивність $12.2 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, напір 8 м, макс. напір 50 м, макс. продуктивність $13.5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, частота обертів 2900, потужність двигуна 2.2 кВт, розміри патрубків вхід DN80 вихід DN50, маса 63 кг, заправка матила 1кг)

Вибір насоса для перекачування води до кожухотрубного конденсатора (аміачна схема).

Витрата охолоджувальної води на конденсатор

$$V_{ок} = 0,061 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad V_{ок} = 219 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Приймаю 3 насоси (2 робочиз і 1 резервний) K90/20а (подача 30 л/с, напір 17м, потужність електродвигуна 7.5 кВт, частота обертів 3600)

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

Вибір насоса для перекачування води до кожухотрубного конденсатора (фреонова схема)

Витрата охолоджувальної води на конденсатор

$$V_{ок} = 0,041 \frac{м^3}{с}, \quad V_{ок} = 147 \frac{м^3}{год}$$

Приймаю 3 насоси (2 робочиз і 1 резервний) K90/20

Подача 22 л/с, напір 22.5 м, потужність електродвигуна 7.5 кВт, частота обертів 2900.

Вибір насосу для перекачування гліколю в пластинчатий теплообмінник

Складаємо баланс

$$Q = k * F * \Delta t = M * c * \Delta t_{г\lambda}$$

$$53.125 = 2000 * 10 * 2.66 = M * 4.1 * 4$$

Звідси виводимо M

$$M = \frac{2000 \cdot 10 \cdot 2.66}{4.1 \cdot 4} = 3.2 \frac{кг}{с}$$

$$V = 3.2 / 1005 = 0.0032 \frac{м^3}{с}$$

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{20155}{1005 \times 9.81} = 2.044 м$$

З врахуванням висоти: H = 2,044 + 6 = 8.044м

Вибираємо 2 насоси(1 резервний) K8/18б подача 3.8 л/с, напір 8.5 м потужність електро двигуна 1.5 кВт частота обертів 2900

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір насосу для перекачування льодяної води в пластинчатий теплообмінник

Складаємо баланс

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t = M \cdot c \cdot \Delta t_{\text{трл}}$$

$$778.125 = 660 \cdot 274.13 \cdot 4.3 = M \cdot 4.15 \cdot 3$$

Звідси виводимо M

$$M = \frac{660 \cdot 274.13 \cdot 4.3}{4.15 \cdot 3} = 62.2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$V = 62.2 / 1024 = 0.06 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{20682}{1024 \times 9.81} = 2.059 \text{ м}$$

З врахуванням висоти: $H = 2.059 + 6 = 8.059 \text{ м}$

Вибираємо 3 насоси(1 резервний) К90/20а подача 30 л/с, напір 12.4м
потужність електро двигуна 7.5 кВт частота обертів 3600

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Техніко-економічні показники проекту

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.

Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху зводимо до таблиці 17.1

Таблиця 17.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	Р _{ел} , кВт	Σ Р _{ел} , 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 K8/18б	2	1.5	3	13.5
Річна витрата електроенергії					4054.45

					00.БКР.142.008.003-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пархоменко С.Г.				Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця		Літ.	Арк.
Перевір.	Пилипенко О.Ю.							Аркушів
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Петренко В.П.							
						ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
							129	149

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 17.2

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн			Загальні витрати, тис. грн
		Придба-ння	Монтаж	Інші витрати	
Компресор GEA Grasso 610	3	1350	27	2.7	1379.7
Компресор GEA Grasso 410	7	2800	560	56	3416
Кожухотрубний конденсатор КГТ-125	3	600	120	12	732
Кожухотрубний конденсатор КГТ-50	2	250	50	5	305
Пластинчастий теплообмінник Termo Wave TL-500	1	160	32	3.2	195.2
Пластинчастий теплообмінник Termo Wave TL-50	1	75	15	1.5	91.5
Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC170 B6	1	100	20	2	122
Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC590 C	3	700	140	14	854
Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC289 C	2	350	70	7	427
Повітроохолодник GARCIA CAMARA LC136 B	2	80	16	1.6	97.6
Двухколекторна батарея C2K	8	80	16	6	102
Вентиляторна градирня ГРАД-280	5	1000	200	20	1220
Горизонтальний лінійний ресивер TEKO TSST 100.	1	65	13	1.3	79.3
Масловіддільник Bitzer OA1854	10	338	68	6.8	412
Маслозаправочна ємність 60M3C		50	10	1	61
Циркуляційний ресивер GUNTER IGBH 501	1	60	12	1.2	73.2
Циркуляційний ресивер GUNTER IGBH 674	1	80	16	1.6	97.6
Циркуляційний ресивер GUNTER IGBH 787	1	90	18	1.8	109.8
Насос K90/20a	6	30	6	0.6	36.6
Насос K90/20	3	15	3	0.3	18.3
Насос K8/186	2	5	1	0.1	6.1
Насос для ЦР1(-35) WITT HRP 10080	1	15	3	0.3	18.3
Насос для ЦР2(-28) WITT HRP 3232	1	5	1	0.1	6.1
Насос для ЦР3(-8) WITT HRP 5040	1	8	1.6	0.16	9.76
Разом					9675

Витрати на монтаж приймаємо 20% від вартості обладнання.

Інші витрати складають 2% від вартості обладнання.

					00.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

Річне споживання електроенергії холодильником і компресорним цехом даного підприємства становить: $E_p = 4054.45$ тис.кВт*г

Ціна за 1 кВт. год електроенергії становить: $C_{ел} = 11,3$ грн.

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел}$$

$$B_{ел.р} = 4054450 \text{ кВт} \cdot \text{г} \cdot 11.3 \text{ грн/кВт} \cdot \text{г} = 45815,3 \text{ тис. грн.}$$

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

Холодоагент фреон R404A купується за ціною 120 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 3000 кг і це коштує $3000 \cdot 120 = 360$ тис. грн. Холодоагент аміак купується за ціною 4 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 400 кг і це коштує $400 \cdot 4 = 1.6$ тис. грн

Пропуленгліколь купується за ціною 15 грн/кг, в моєму проекті потрібно 1.5 тон і це коштує $15 \cdot 1500 = 22.500$ тис. грн

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	90	4	63360	760320
2	Слюсар-ремонтник	90	3	47580	570960
	Разом		7	110940	1331280

Визначення амортизаційних відрахувань.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

-для основного обладнання – 22% від вартості обладнання.

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \times 0,22$$

$$A_{обл} = 9675 \times 0,22 = 2128,5 \text{ тис. грн}$$

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.БКР.142.008.003-ПЗ	Арк.
						133
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення основних показників економічної ефективності проєкту.

Результати розрахунків проведених у попередніх розділах зводимо у порівняльну таблицю 17.4.

Таблиця 17.4

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	Проект
Електроенергія	45815,3
Мастило	84,5
Холодильний агент R404A	360
Холодильний агент аміак	1.6
Гліколь	22.5
Оплата праці	1331,3
Амортизація	2128,5
Інші витрати	683.06
Разом	50426,76

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:

$$\Delta C = \frac{50426,76 \text{ тис. грн.}}{4043,3 \text{ МВт} \cdot \text{год}} = 12,47 \text{ грн./}(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

18. Охорона праці

Проєктом передбачено будівництво холодильного господарства при новому молокозаводі продуктивністю 70 т/добу у м. Вінниця із стандартних залізобетонних будівельних матеріалів. виробництво холоду буде здійснюватись сучасним обладнанням від виробників, що створили і постійно підтримують репутацію свого бренду. Мотивацією даних рішень є забезпечення надійності роботи виробництва, запобігання виробничого травматизму та виключення (мінімізація) рівня шкідливості умов роботи виробничого персоналу.

Відповідно до закону України "Про охорону праці", охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Законодавство про охорону праці складається з законів України "Про охорону праці", "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про пожежну безпеку", Кодексу законів про працю України та ін. і прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

інв. №оригин.	Підпис і дата	зам. інв. №								
							00.БКР.142.008.003-ПЗ			
	Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата				
	Розроб.	Пархоменко С.Г					Проект холодильного господарства при молокозаводі продуктивністю 70 тонн на добу у м. Вінниця	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Перевір.	Пилипенко О.Ю.							135	149
	Реценз.							ТЕХТ. ННІТІ. НУХТ		
Н.Контр.										
Затверд.	Петренко В.П.									

Умови праці

Холодильне господарство молокозаводу у м. Вінниця проектується із застосуванням сучасного холодильного обладнання, що має високий рівень автоматизації. Аміачні холодильні установки, що забезпечують потребу підприємства у холоді, влітку працюють не менше 22 годин на добу, їх робота являється джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал даної установки.

Електрощитова, компресорний цех, пункт управління та контролю за холодильними установками, прибудовані до будівлі холодильника.

Три потужні компресорні агрегати на безпосереднє охолодження (Grasso 610), три кожухотрубні конденсатори (КТГ-125) та пластинчатий теплообмінник (TL-500) розміщено в приміщенні компресорного цеху. Три градирні та насосна станція – біля компресорного цеху.

Шкідливі виробничі фактори в компресорному цеху:

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

Небезпечні виробничі фактори:

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

До переліку оперативної та технічної документації на робочому місці машиніста амічних холодильних установок відносяться затверджені інженером:

- добовий журнал роботи холодильної установки;

інв. №	зам. інв. №	Підпис і дата							Арк.	
інв. №	зам. інв. №	Підпис і дата	Змін.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.003-ПЗ	136

- інструкції із будови й експлуатації фреонової холодильної установки;
- інструкції із обслуговування машин, апаратів (посудин), охолоджуючих пристроїв;
- інструкції із обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматики;
- інструкції із пожежної безпеки;
- інструкції із охорони праці (надання долікарської допомоги при ураженні електрострумом, дії персоналу по ліквідації прориву фреону і виникненні аварійної ситуації тощо).

Також в кабінеті інженера знаходяться:

- «НПАОП 29.23-1.04-90 Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок»;
- «НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання що працює під тиском»
- «НПАОП 0.00-1.59-87 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;
- «НПАОП 0.00-1.13-71 Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов»;
- «НПАОП 0.00-4.12-05 Типовое положение о порядке проведения обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда»;
- «НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безопасной эксплуатации электроустановок»;
- технічна документація, паспорти та свідоцтва повірки машин, апаратів, трубопроводів, вентилів, приладів автоматики та електроустаткування тощо;
- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувальних ремонтів;

інв. №оригин.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
			00.БКР.142.008.003-ПЗ						137
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата				

- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою запірно-регулювальною арматурою і приладами автоматики;
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, начальника компресорного цеху, старших зміни (домашні телефони);
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговує автоматику холодильної установки.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при роботі цеху

Розміщення устаткування повинні відповідати вимогам нормативного документа галузі. Приміщення машинного та апаратного відділень розташоване в будівлі прибудованій до холодильника. Огороджуючі конструкції машинного відділення (площа 288 м²) мають легко скидні елементи (вікна, двері та ін.) 0,03 м² на 1 м³ об'єму будівлі. Вікна – однорядні із звичайного скла. Над та під машинним відділенням не має приміщень з постійними робочими місцями, а також побутових та допоміжних приміщень.

З машинного відділення є один вихід назовні. Двері відчиняються у бік виходу, і не виходять безпосередньо у виробничі приміщення чи в зв'язані з ними коридори та сходові майданчики. Висота машинного відділення до низу несучих конструкцій покриття 6 м. Висота підвіконь – 1,2 м.

В машинному відділенні встановлено 3 компресорні агрегати (Grasso 610), три кожухотрубні конденсатори (КТГ-125) та пластинчатий теплообмінник (TL-500). Відстань між виступаючими частинами обладнання і стіною становить – не менше 1 м, прохід між виступаючими частинами обладнання – не менше 1,5 м.

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
			00.БКР.142.008.003-ПЗ						138
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата				

Підлога даного відділення є рівною, неслизькою. Непрохідні канали та люки зачиняються під рівень з підлогою з'ємними металевими рифленими листами. Стіни та стеля машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими нормативами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

Повітря робочої зони

Мікроклімат

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується «ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату в виробничих приміщеннях» повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт легка – Іа, що приведені в табл. 18.1, а в машинному відділенні – допустимі параметри для категорій робіт середньої тяжкості – ІІа – табл. 18.2.

Досягнення цих параметрів забезпечується загальною обмінною механічною припливно-витяжною вентиляцією в теплий період року, з підігрівом повітря в холодний період року. В машинному відділенні передбачено системи повітряного опалення, суміщені з припливною вентиляцією, без рециркуляції повітря, кратність повітрообміну за годину: приток – 2 обсяги, витяжка – із перевищенням притоку на 1 обсяг. Повітря видаляється в атмосферу без очищення. Побутові приміщення при машинному відділенні мають окрему від машинного відділення систему вентиляції.

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
									139
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.003-ПЗ			

Таблиця 18.1

Період року	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний ($t_3 < 10^\circ \text{C}$)	22–24	40–60	$\leq 0,1$
Теплий ($t_3 \geq 10^\circ \text{C}$)	23–25	40–60	$\leq 0,1$

Табл. 18.2

Період року	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний ($t_3 < 10^\circ\text{C}$)	17–19	40–60	$\leq 0,2$
Теплий ($t_3 \geq 10^\circ\text{C}$)	21–23	40–60	$\leq 0,3$

Чистота повітря (загазованість повітря)

Чистота повітря виробничого середовища є важливим фактором підтримання стабільної працездатності працівників, формування у них позитивного ставлення до роботи, підвищення продуктивності праці. Велика кількість виробничих процесів супроводжується утворенням дрібних часточок твердих або рідких речовин, які утримуються в повітрі.

Кількість домішок – газів, парів, пилу, які містяться в одному літрі або одному кубічному метрі повітря у грамах, характеризує ступінь забруднення виробничого середовища.

Найбільш поширеною виробничою шкідливістю є забруднення повітря пилом мінерального або органічного походження. Серед органічного пилу найбільш поширені бавовняний, вовняний, деревинний, борошняний і т. п., а серед неорганічного – цинковий, залізний, свинцевий, вугільний, кварцовий, наждачний, вапняковий та інші.

Найбільшу небезпеку становить пил, розмір часток якого не перевищує 5 мікрон. Попадаючи разом з повітрям в органи дихання,

пил викликає захворювання слизової оболонки носа, гортані, трахеї, бронхів і легенів (риніти, катарі бронхів, бронхіальна астма). З органів дихання пил поступово попадає в рот та органи травлення.

Промислові отрути та їх вплив на працівників

У повітрі виробничих приміщень, крім пилу, можуть міститися інші шкідливі домішки – хімічні речовини, або промислові отрути. Вони можуть бути у вигляді газів або парів. Найпоширенішими промисловими отрутами є цинк, окис вуглецю, марганець, хром, бензол, свинець, ртуть, ефіри оцтової кислоти та ін.

В організм працівника хімічні речовини попадають через дихальні шляхи, шкіру, органи травлення. Найбільш небезпечним є попадання їх в організм через органи дихання, оскільки отрута зразу ж попадає у велике коло кровообігу, зумовлюючи токсикацію всього організму.

Санітарними нормами для кожного виду домішок встановлені гранично допустимі концентрації, дотримання яких запобігає професійним захворюванням і отруєнням працівників.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоне») – це такі концентрації, які при щоденній восьмигодинній роботі протягом всього робочого періоду не можуть викликати у працівників захворювання або відхилень у стані здоров'я.

Фізіолого-гігієнічна оцінка виробничого середовища виходить з того, що сприятливими вважаються такі умови, за яких концентрація нетоксичного пилу у повітрі не перевищує 60 %, а концентрація токсичних речовин – 35 % гранично допустимих норм.

Оздоровлення повітряного середовища досягається завдяки вдосконаленню технологічних процесів, герметизації обладнання і апаратури, ізоляції ділянок і процесів з інтенсивним утворенням пилу

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.	
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.003-ПЗ				141

і виділенням отруйних речовин, застосування агрегатів, що вловлюють і виводять шкідливі речовини, використанню дистанційного управління виробничими процесами, забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту.

Шум

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресори та їх двигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводах з великою швидкістю.

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні, що не перевищує норм, які приведені у ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», складає 75...103 дБ, в приміщенні операторської – 65...96 дБ.

Для зниження шуму в ПУ застосовують додаткову звукоізоляцію стін.

Вібрація

Загальна технологічна вібрація не перевищує гранично допустимого значення – 108 дБ (ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. “Вибрационная безопасность. Общие требования” ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації).

Компресори встановлені на віброгасниках, які відокремлюють їх від несучих конструкцій будівлі. Для зменшення впливу вібрації, що викликається роботою компресорів, додержуються таких умов: трубопроводи, що приєднуються до машини, не жорстко кріпляться до конструкцій будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсаційні пристрої; трубопроводи, що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
			00.БКР.142.008.003-ПЗ						142
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата				

Освітлення: природне та штучне

Нормовані значення природного та штучного освітлення (ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення).

На підприємстві на ділянці з обладнанням прийнято бічне природне одностороннє освітлення, при якому нормується мінімальне значення ($KPO=0,1\%$) та загальне штучне освітлення – світильники з люмінесцентними лампами напругою 220 В. Для компресорного цеху при загальному спостереженні за ходом роботи, при постійному перебуванні людей та розряді зорової роботи VIIIб освітленість становить 50 лк.

Для пульта керування і електрощитової прийнято загальне штучне освітлення – 100 лк.

Аварійне освітлення робочої ділянки має живлення від незалежного джерела (акумуляторні батареї 12 В). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення.

Вимоги техніки безпеки при монтажі, експлуатації, профілактиці і ремонті технологічного обладнання та засобів контролю та управління

Вимоги техніки безпеки регламентує нормативний документ галузі, та «ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

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

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
			00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата				143

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 автоматичі.

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

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

Холодильна установка обслуговується двома машиністом в зміну.

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

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

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

інв. №	зам. інв. №	Підпис і дата	інв. №							Арк.
Змін.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.003-ПЗ				144

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

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

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

Контрольно-вимірювальні прилади

Для візуальних показників рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовуються плоске оглядове скло. Для автоматичного контролю за рівнем використовують напівпровідникові реле рівня типу ПРУ-5М.

салфетки; етиловий спирт; бинти; вата; мазь Вишневського; йод.

Контрольно-вимірювальні прилади

Для візуальних показчиків рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовуються плоске оглядове скло. Для автоматичного контролю за рівнем використовують напівпровідникові реле рівня типу ПРУ-5М.

Для спостереження за робочими тисками всмоктування на всмоктувальній магістралі кожного компресора встановлено 5-ть манометрів МП-4, тисків нагнітання – 5-ть манометрів МТ-250 на нагнітальних трубопроводах компресорів, підвідна трубка до яких приєднується за зворотнім клапаном (по ходу парів).

На всіх посудинах встановлено манометри: на конденсаторах, лінійних ресиверах по 2 манометри МТ-250.

На нагнітальному і всмоктувальному трубопроводах кожного компресора встановлено 10-ть гільз для термометрів (на відстані від 250 мм від запірних вентилів) з кожухами для захисту термометрів від механічних пошкоджень. Спрацювання приладів захисту дублюється звуковим сигналом в машинному відділенні.

Заходи з електробезпеки

Електрообладнання машинного відділення відповідає вимогам ПВЕ «Правила влаштування електроустановок», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ДНАОП 1.1.10 – 1.01-97 “Правила безпечної експлуатації електроустановок”, а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

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

Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві:

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
									146
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.003-ПЗ			

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

б) Надійна ізоляція (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках становить 1,2 МОм).

с) Заземлення електричного обладнання.

д) Організаційні методи (регулярний медичний огляд, інструктаж, перевірка інструментів, контроль при виконанні робіт, наряд допуску перед роботами).

е) Застосування низьких напруг (згідно ПВЕ передбачене використання напруги 12 В).

ф) Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.

г) Планово-попереджувальні роботи.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовуються стрижневі блискавковідводи, які встановлено на даху машинного відділення, згідно РД 34.21.122.-87 «Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений».

Заходи з пожежо- та вибухобезпеки

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

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

інв. №оригин.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.
			00.БКР.142.008.003-ПЗ						
Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата				147

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

Система запобігання пожежі передбачає:

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

Система пожежного захисту включає:

- двері повинні відчинятися у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02-87, СНиП 2.01.02-85. “Противопожарные нормы”);
- наявність системи оповіщення про пожежу;
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: двома лопатами, сокирами, металевим багром; пожежним щитом з азбестовим полотном, ящиком з піском; повітряно-пінні вогнегасники ВПП-5 – 1 шт; вуглекислотні вогнегасники ВВ-5 (ВВК 3,5) – 1 шт.
- наявність плану евакуації.

інв. №оригін.	Підпис і дата	зам. інв. №							Арк.	
			Змін.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.003-ПЗ	148

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Масліков М. М. Холодильна технологія харчових продуктів : навч. посіб. Київ : НУХТ, 2007. 335 с.
2. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2003. 572 с.
3. Хмельнюк, М.Г. Холодильні установки та сфери їх використання. Підручник / М.Г. Хмельнюк, О.С. Помазко, І.О. Помазко – Херсон: Гринь Д.С., 2014. - 484 с.
4. Пилипенко, О.Ю. Проектування холодильних установок і систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня “Магістр” спец. 142 “Енергетичне машинобудування” освітньо-професійної програми «Холодильні техніка та технології» ден. та заоч. форм навч. / О.Ю. Пилипенко. – К.: НУХТ, 2021. – 62 с. (№ 33.130-16.09.2021)
5. Теоретичні основи холодильної техніки: Метод. Вказівки до вивчення дисципліни та виконання розрах. Роботи для студентів спец. 6.090500 «холодильні машини і установки» ден. та заоч. форм навчання /Уклад.: А.В.Форсюк.-К.: НУХТ, 2003. – 32с.
6. ДБН В.2.2-42:2021 Будівлі та споруди. Споруди холодильників. Основи проектування, accessed November 28, 2025, https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98072
7. Мнацаканов, Г.К. Основи проектування холодильників: навч. пос. / Г.К. Мнацаканов. – Одеса.: ОДАХ, 2004.- 71 с.
8. Гетун, Г.В. Основи проектування промислових будівель: Навч. посіб. / Г.В. Гетун. – К.: Кондор, 2003. – 210 с.

інв. №оригин.	Підпис і дата	зам. інв №	8. Гетун, Г.В. Основи проектування промислових будівель: Навч. посіб. / Г.В. Гетун. – К.: Кондор, 2003. – 210 с.								
							00.БКР.142.008.003-ПЗ			Арк.	
										149	
Змін.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						