

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ 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

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 31 ” березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бланк Олександр Владиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи холодильника молокозаводу продуктивністю 350 тон,
переробки молока на добу у м. Львів

керівник роботи доцент Бондар Володимир Іванович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 31 ” 03 2022 року №167-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717 аміак

Тип продукту Молоко

Ізоляційний матеріал Сендвіч панелі на основі пінополіуретану

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника _____

2. Схема холодильної установки _____

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі виконано проектування та розрахунок молокозаводу продуктивністю 350 т/добу у м. Львів.

В даній роботі розроблено та спроектовано будівлю молокозаводу, розроблено схему холодильної установки, зроблено підбір основного та допоміжного холодильного обладнання. Одним із основних завдань при розробці проекту було ефективне використання електроенергії під час роботи обладнання, автоматизація виробництва холоду та зменшення площі овочесховища за рахунок використання сучасних матеріалів, обладнання та провідних способів зберігання продукції. Це, в свою чергу, дало змогу зменшити капітальні та експлуатаційні витрати. Також зроблено підбір основних вузлів холодильної установки, а саме: компресора, конденсатора, випарника та іншого допоміжного обладнання холодильної установки.

У якості ізоляційних матеріалів обрано сендвіч-панелі на основі утеплювача пінополіуретану. Використовуються сучасні будівельні матеріали, обладнання, також наявна сучасна система автоматизації та застосовані сучасні методи обробки та зберігання продукції.

У якості теплообмінного обладнання, яке відводить теплоту конденсації, обрано кожухотрубні конденсатори

Ключові слова: молокозавод, СОМ, аміак, теплообмінне обладнання, теплонадходження, сендвіч-панелі, ізоляційні матеріали, охорона праці.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бланк О.В.				Анотація	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бондар В.І.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Петренко В.П.							
					ХМ 4-12ск			

Зміст

1. Вступ
2. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.....
3. Розрахунок камери заморожування вершкового масла.....
4. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника
5. Розрахунок ізоляційних конструкцій.....
6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....
7. Визначення навантаження на обладнання камер та компресори.....
8. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.....
9. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарники, конденсатор, повітроохолодники, батареї, градирня).....
10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки...
11. Розрахунок діаметрів трубопроводів.....
12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.....
13. Вибір насосів.....
14. Техніко-економічні показники.....
15. Охорона праці.....

Додатки

Специфікація до графічної частини (листа 4)

Список використаної літератури

Графічна частина

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<i>ХМ4-12ск</i>		

1. Вступ

Даним проектом ведеться розрахунок холодильної установки молокозаводу продуктивністю 350 т/добу у м. Львів.

В наш час розвиток молочної промисловості пов'язаний з постійним зростанням об'ємів виробництва, типів вироблених товарів, покращення якості продукції та підвищення ефективності виготовлення. Процес переробки молока тісно пов'язаний з холодильним обладнанням оскільки молочна продукція належить до продуктів харчування які швидко псуються.

Розвиток даної галузі вимагає проектування і побудови нових підприємств. Важливим моментом є те, що молоко на підприємство приходить виключно в ранішній та вечірній час і максимальне теплове навантаження приходить на денний час, а вночі навпаки практично відсутнє. Враховуючи зазначене вище, підбирати основне обладнання по максимальному навантаженню не є можливим, адже призведе до істотного збільшення капітальних затрат на будівництво при низькому терміні окупності. Саме тому широке поширення набуло використання акумуляторів холоду такого як льодяна вода (в нічний період доби холод акумулюють, а в пікові години його використовують на технологічні потреби), це значно знизить навантаження на компресор в час прийняття молока.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Лист.	Листів
Розроб.		Бланк О.В.						
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.			ХМ4-12ск			

2. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Проект розробляється на підставі завдання «Проект холодильника молокозаводу продуктивністю 350 тон переробки молока на добу у м. Львів».

Продукція – масло, сметана охолоджена в пакетах, пастеризоване молоко в пакетах, сир кисломолочний.

На експедиції при прийманні жирність молока становить 3,6 %, після чого його охолоджують за допомогою пластинчастих охолодників А1 – ООЛ – 25 (додаток 1.1) і сепарують, застосовуючи сепаратор ОСЦП – 15 (додаток 1.2) до жирності 73 %. Після процесу сепарації отримано вершків 73 % - 17,3 т, а зворотного продукту (знежиреного молока) із жирністю 0,03 % - 332,7 т. Обраними для виготовлення та зберігання є масло вершкове (жирність 73 %), сметана (жирність 21 %), молоко (жирність 2,6 %), кисломолочний сир (жирність 2,5%). Для виробництва пастеризованого молока змішуємо 2,1 т – 73 %-них вершків і 57,28 т – 0,03 %-знежиреного молока, після змішування отримуємо 59,38 т молока. Для виробництва масла вершкового візьмемо 10 т – 73 %-них вершків. На виробництво сиру кисломолочного беремо 2,2 т – 73 %-них вершків і 110,08 т – 0,03 %-ного обрата, із суміші 112,28 т яка має вміст жиру 1,45 %, отримуємо 53,28 т сиру кисломолочного із вмістом жиру 2,5 %, внаслідок виготовлення сиру в нас утворилось 59 т сироватки жирністю 0,5 %, яку на далі ми не використовуємо, а відправляємо на ферми. На виробництво сметани беремо 3 т – 73 %-них вершків і 7,37 т – 0,03 %-ного обрата та отримаємо 10,37 т готової сметани.

Сметана на підприємстві перебуває 1 добу при температурі (4°С.)

Масло на підприємстві перебуває 3 доби при температурі (4°С.)

Молоко на підприємстві перебуває 1 добу при температурі (6°С.)

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>ХМ4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Сир кисломолочний на підприємстві перебуває 1 добу при температурі (5 °C)

Відповідно до кількості продукції оберемо камери з обсягом:

Для масла: 30 тонн (10 тонн/добу і термін зберігання 3 доби);

Для молока: 60 тонн (59,38 тонн/добу і термін зберігання 1 доба);

Для сметани: 15 тонн (10,37 тонн/добу і термін зберігання 1 доба);

Для сиру кисломолочного: 60 тонн (53,28 тонн/добу і термін зберігання 1 доба);

Молоко спочатку очищають, а потім охолоджують у пластинчастому теплообміннику. Для зростання, розвитку мікробактерій оптимальною є температура 25 - 40 °C і середня 6,8 - 7,4.

Рости і розвиватися молочнокислі бактерії, що викликають квашення молока, призупиняються при t близько 10 °C і повністю зупиняються при температурі 2-4 °C. Призупинити цей розвиток в молоці можна його заморожуванням.

Тривалість бактерицидної фази залежить від температури зберігання молока. Наприклад, при $t=37^{\circ}\text{C}$ бактерицидна фаза триває 2 години, а при 10°C - збільшується до 36 годин, при 5°C - до 48 годин, при 0°C - до 72 годин. З зазначеного видно, що температура охолодження - це основний параметр, що визначає кислотність молока.

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 3-х молоко охолоджується за 1 прохід через апарат до t не вище t крижаної води на 3 °C.

При охолодженні молока до 6 - 7 °C суміш тригліцеридів кристалізується, зменшується в об'ємі. Охолодження молока менше 0 °C може привести до розриву оболонок жирових кульок і до втрати частини молочного жиру. Ось чому температура охолодження будь-якого молока

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не може перевищувати 6 °С, а процес охолодження повинен займати, взагалі кажучи, не більше 3 годин з моменту доїння.

2.1 Цех приймання молока



Схема технологічного процесу в цеху приймання молока

В період приймання молока його пропускають крізь фільтр, а потім — насосом подають у резервуар проміжного зберігання. Призначене для сепарування молоко підігрівають до температури 40 – 50 °С.

Після процесу сепарації знежирене молоко та вершки збирають у баки зберігання і подають на подальшу технологічну обробку.

2.2 Цех виготовлення масла

Для виготовлення масла застосовують потокову лінію ОЛФ (додаток 1.3).

Після процесу пастеризації вершки охолоджують до температури, нижчої за точку затвердіння молочного жиру та витримують деякий час. Таке витримування називають фізичним визріванням вершків, Причиною даного процесу є переведення деякої кількості рідкого жиру у твердий стан. Виключно при наявності затверділого жиру з вершків можна отримати масляне зерно, забезпечити хорошу консистенцію вершкового масла і нормальний відхід жиру у маслянку.

В процесі фізичного визрівання зростає в'язкість вершків у результаті утворення жирових накопичень і гідратації білків молока.

У масловиготовлювачах періодичної дії процес збивання вершків можна поділити на три стадії:

- перша — стадія утворення піни;
- друга – стадія руйнування піни;
- третя стадія - утворення масляного зерна.

Закінчивши збивання, із масловиготовлювача видаляють маслянку, а масляне зерно двічі промивають водою. Для цього у масловиготовлювач наливають чисту воду на 40 – 50 % об'єму вершків. Воду для промивання залишають у масловиготовлювачі на 3 – 5 хв і для кращого промивання масляних зерен протягом цього часу 4 – 5 разів обертають бочку (на швидкості збивання), а потім воду видаляють. Після цього вдруге наливають воду на 30 – 40 % об'єму вершків і знову 4 – 5 разів обертають бочку. Промивати масляне зерно більше 2 разів не рекомендується, оскільки погіршуються його смак та аромат внаслідок видалення ароматичних речовин з водою для промивання.

Соління масла надає йому смаку і консервує його, припиняючи або сповільнюючи розвиток мікроорганізмів. Повне припинення розвитку мікрофлори спостерігається за концентрації солі в плазмі масла 27 %, що

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідає вмісту в продукті при 15 % вологи 4 % солі. Проте за такої концентрації вміст солі в маслі перевищить норму і досягне 2,5 %. За стандартом дозволяється вносити в масло не більш як 1,5 % солі, оскільки більша її кількість негативно впливає на смак масла.

Правильне упакування має важливе значення для зберігання якості масла та запобігання його зацвітання або пліснявінню. Якість упакування враховують при оцінці масла під час його експертизи. Масло

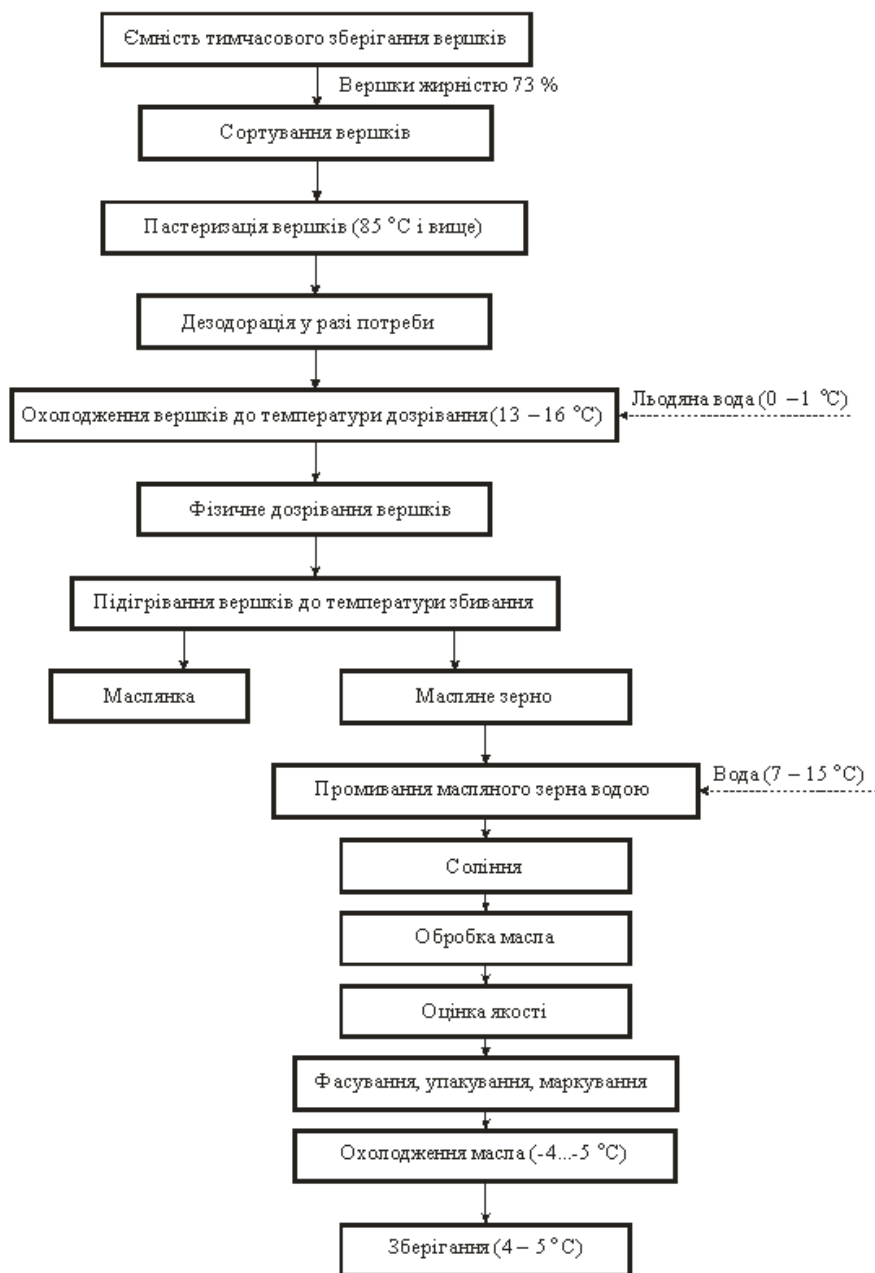


Схема технологічного процесу виробництва масла

упаковуюють в ящики, а для роздрібної торгівлі часто розфасовують у вигляді брикетів (від 100 до 500 г) та загортають у пергаментний папір. Якість упакування залежить від умілої підготовки тари, пергаменту та набивання масла. Масло упаковують в ящики масою нетто 24,0 або 20,0 кг. Тара і пергамент, призначені для його упакування, повинні відповідати вимогам чинних стандартів. Після ретельного очищення внутрішні боки ящика перед заповненням їх маслом вистилають чотирма аркушами сухого пергаменту. Маса картонних ящиків з пергаментом практично постійна, тому зважують лише кілька ящиків із партії. Маса дерев'яних ящиків різна, тому слід зважувати кожний ящик.

Після упакування масло треба негайно охолодити до $-4...-5$ °С, помістивши його у спеціальне маслосховище. Бажано охолоджувати масло до мінусових температур, оскільки за плюсових можливий розвиток у ньому ферментативних і мікробіологічних процесів. На заводах масло можна зберігати за температури $4 - 5$ °С упродовж не більш як 3 днів.

2.3 Цех виготовлення пастеризованого молока

За допомогою насосів вершки спрямовують у резервуар для нормалізації за вмістом жиру. Нормалізована суміш через насос потрапляє у вирівнювальний бак, потім — у пластинчастий теплообмінник ОГМ – 10 (додаток 1.4), де пастеризується за температури $74 - 76$ °С, витримується протягом $15 - 20$ с або 85 °С без витримування, або 65 °С з витримування 30 хв і охолоджується до 6 °С та спрямовується на розливання фасування.

Від механічних домішок молоко очищають на сепараторі-молокоочиснику. Для поліпшення смаку й консистенції його рекомендується гомогенізувати, в результаті чого відбувається роздрібнювання жирових кульок і вони втрачають здатність до відстоювання.

Пастеризоване молоко розливають у тару разового використання — паперові та поліетиленові пакети з використанням спеціальних автоматів

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

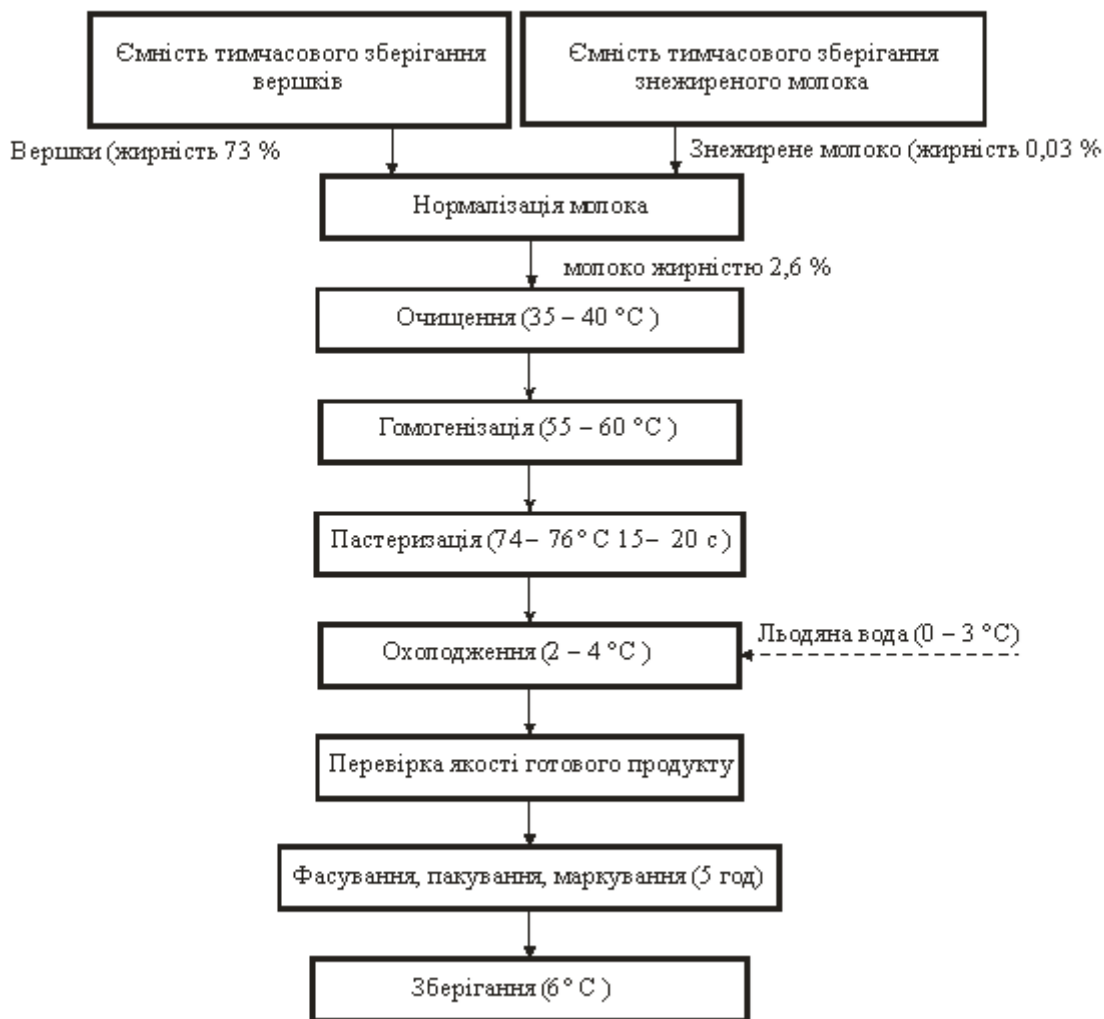


Схема технологічного процесу виробництва пастеризованого молока

2.4 Цех виготовлення сметани

Процес виготовлення сметани заключається в поступовій сепарації молока і нормалізацію отриманих вершків по жиру, пастеризації на установці П8 – ОЛФ – 3 (Додаток 1.5), гомогенізацію з використанням гомогенізаторів А1 – ОГ2Р – 25 (Додаток 1.6), охолодження вершків до температури закваски в охолодниках ПВ – ООТ – 5 (Додаток 1.7), внесення закваски, квашення вершків, охолодження і дозрівання сметани, розфасовку і зберігання готового продукту.

Для виробництва сметани зазвичай використовують натуральні свіжі вершки різної жирності з кислотністю плазми не вище 26°Т. Якість продукту, що

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виробляється, в значній мірі залежить від вмісту у вершках сухих знежирених речовин (воно повинне складати не менше 5%).

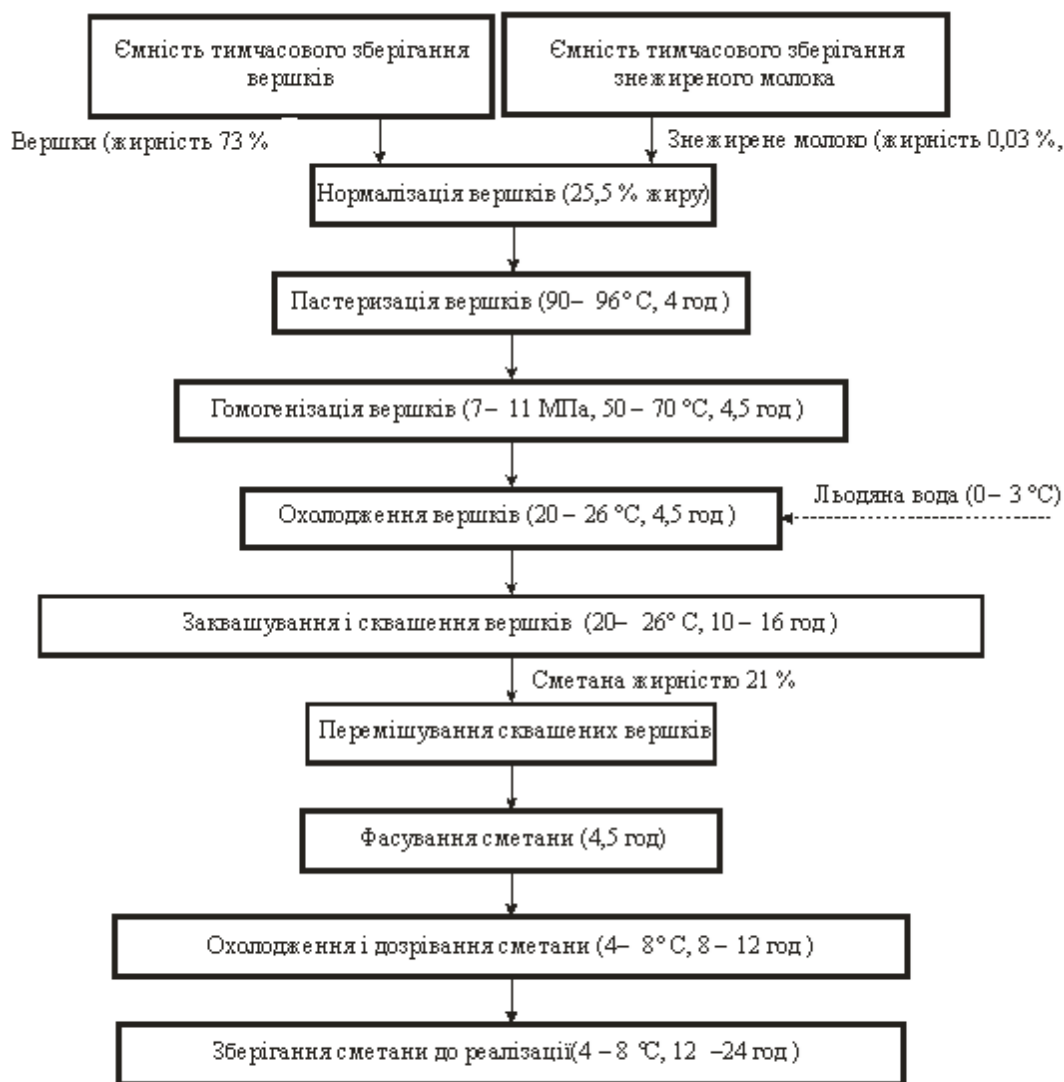


Схема технологічного процесу виготовлення сметани

Виробляти сметану можна також з відновлених вершків на основі пластичних або сухих вершків і масла.

Закваску для сметани готують з цілісного, або знежиреного молока, тому жирність вершків до внесення закваски повинна бути декілька вище, ніж жирність виробленої сметани. Жирність закваски, приготованої на знежиреному молоці, при розрахунку можна не враховувати, але жирність

закваски, приготованої на цілісному молоці, враховується.

На підприємствах молочної промисловості сметану виробляють тільки з пастеризованих вершків.

Підвищений вміст жиру в вершках надає захисну дію на бактерії, збільшуючи їх термостійкість. Тому при пастеризації вершків застосовують вищі чим для молока, температурні режими і збільшують тривалість їх витримки (при виробництві сметани — 85—95° С з витримкою 15—20 с).

Теплову обробку вершків здійснюють в пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках, що забезпечують автоматичний контроль і регулювання температурних режимів.

Для отримання сметани однорідної і густої консистенції, що міцно утримує воду, вершки перед закваскою рекомендується гомогенізувати при температурі 50—70° С і тиску 7—8 МПа.

Після гомогенізації вершків охолоджують до температури закваски (18° С літом і 22° С зимою) і направляють в резервуари для закваски.

Кількість закваски (від 0,5 до 5%), що вноситься, і її активність роблять значний вплив на тривалість квашення і якість отриманого згустку.

В даний час розроблений інтенсифікований спосіб виробництва сметани з попереднім (до квашення) швидко протікаючі фізичним дозріванням вершків. Ця операція повністю замінює тривалі процеси повільного охолодження і фізичного дозрівання сметани в холодильних камерах, завдяки чому цикл скорочується до 16 г, тобто більш ніж в два рази.

При новому способі виробництва сметани нормалізовані за змістом жиру зливання підігрівають до 70° С і гомогенізують при тиску 10 МПа. Такий режим гомогенізації забезпечує достатній ступінь дроблення жирових кульок при мінімальному скупченні їх в купки, стабільність білків і однорідну консистенцію підвищеної щільності. Потім вершки пастеризують при 93—95° С, що забезпечує високу бактерійну чистоту, отже, і високу стійкість сметани, а також покращує гідратаційну властивість казеїну, що визначають щільність (консистенцію) готового продукту.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пастеризовані вершки піддаються двохступінчатому охолодженню — спочатку в секції пластинчастої пастеризаційно-охолоджувальної установки до 20° С подальшою витримкою протягом 1 —1,5 г, а потім, до 6° С літом і 8° С зимою, - в турбулентному потоці, де швидке охолодження вершків супроводжується їх перемішуванням. Охолоджені вершки витримують при цій температурі протягом 0,5—1 г.

Швидке охолодження вершків при перемішуванні викликає масове твердіння гліцеридів молочного жиру з утворенням численних дрібних кристалів. У твердий стан при цьому переходить 35—45% жиру. Після фізичного дозрівання зливання поступово нагрівають до температури квашення. Температура теплоносія при цьому не повинна перевищувати 25° С, а різниця між температурами вершків і теплоносія потрібно підтримувати в межах 3—4° С. Температура квашення для літнього легкоплавкого жиру сметани повинна бути не вище 22° С, а для більш тугоплавкого зимового — 24° С, інакше відбудеться залишкове розплавлення отверділого жиру і утворюються скупчення жирових кульок, а значить, погіршає консистенція продукту. До підігрітих вершків вносять 0,5% закваски, - приготованою на стерилізованому молоці безпересадочним способом, і 0,05% сухого біопрепарату сублімації. Не дивлячись на те що кількість закваски, що вноситься, зменшена вдсятеро, тривалість квашення сметани не збільшується і складає 10—12 г. Після закінчення квашення (кислотності згустку 65—75° Т) сметану охолоджують в потоці до 6—7° С літом і 8—10° С зимою.

2.5 Цех виготовлення кисломолочного сиру

Вершки пастеризуються та охолоджуються до температури заквашування у пастеризаторі – охолоднику А1 – ОПЛ – 10 (Додаток 1.8)

Відпресований сир кисломолочний необхідно якомога швидше охолодити до температури 3..8°С для припинення молочнокислого бродіння, що супроводжується нарощуванням кислотності. Його охолоджують у

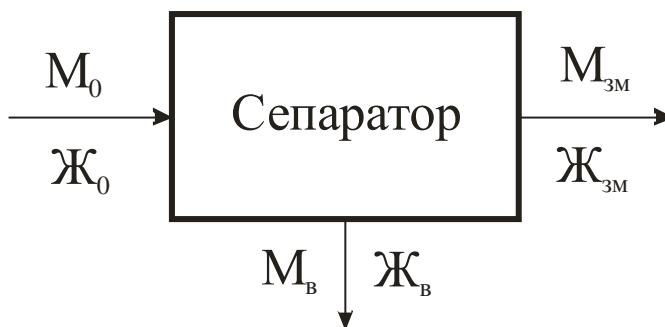
					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Масо-жирові розрахунки

Цех приймання молока

Баланс сепаратора вершків високої жирності:

Жирність молока $Ж_0 = 3,6 \%$, кількість молока $M_0 = 350$ т. Жирність вершків $Ж_B = 73 \%$, жирність знежиреного молока $Ж_{3М} = 0,03 \%$



$$M_{3М} = \frac{M_0 \cdot (Ж_B - Ж_0)}{Ж_B - Ж_{3М}}$$

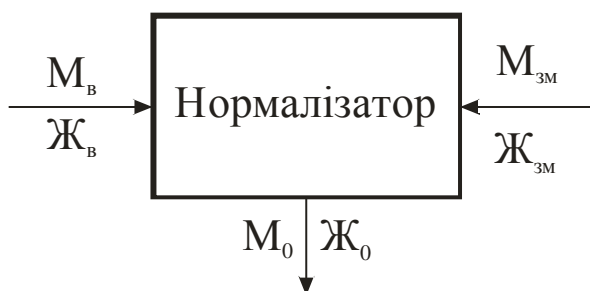
$$M_{3М} = \frac{350000 \cdot (3,6 - 73)}{73 - 0,03} = 332700 \text{ кг}$$

$$M_B = M_0 - M_{3М} = 350000 - 332700 = 17300 \text{ кг}$$

Цех виготовлення молока

Баланс нормалізатора вершків:

Жирність вершків $Ж_B = 73 \%$, кількість вершків $M_B = 2,1$ т. Жирність молока $Ж_0 = 2,6 \%$, жирність знежиреного молока $Ж_{3М} = 0,03 \%$



$$M_0 = \frac{M_B \cdot (Ж_B - Ж_{3М})}{Ж_0 - Ж_{3М}} = \frac{2100 \cdot (73 - 0,03)}{2,6 - 0,03} = 59380 \text{ кг}$$

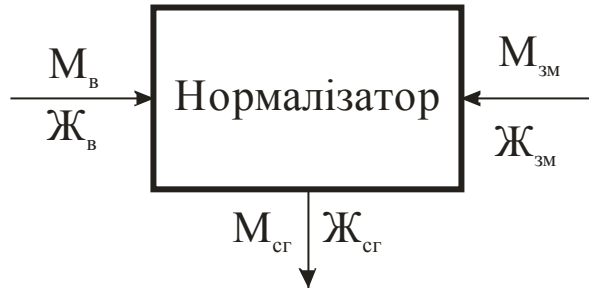
$$M_{3М} = M_0 - M_B = 59380 - 2100 = 57280 \text{ кг}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цех виготовлення кисломолочного сиру

Баланс нормалізатора вершків та віддільника сироватки:

Жирність вершків $Ж_B = 73 \%$, кількість верків $M_B = 2,2$ т. Жирність кисломолочного сиру $Ж_{\text{сиру}} = 2,5 \%$, жирність знежиреного молока $Ж_{\text{ЗМ}} = 0,03 \%$, жирність сирного згустку $Ж_{\text{сг}} = 1,45 \%$, жирність сироватки $Ж_{\text{св}} = 0,5 \%$



$$M_{\text{сг}} = \frac{M_B \cdot (Ж_B - Ж_{\text{ЗМ}})}{Ж_{\text{сг}} - Ж_{\text{ЗМ}}} = \frac{2200 \cdot (73 - 0,03)}{1,45 - 0,03} = 112280 \text{ кг}$$

$$M_{\text{ЗМ}} = M_{\text{сг}} - M_B = 112280 - 2200 = 110080 \text{ кг}$$



$$M_{\text{сиру}} = \frac{M_{\text{сг}} \cdot (Ж_{\text{сг}} - Ж_{\text{св}})}{Ж_{\text{сиру}} - Ж_{\text{св}}} = \frac{112280 \cdot (1,45 - 0,5)}{2,5 - 0,5} = 53280 \text{ кг}$$

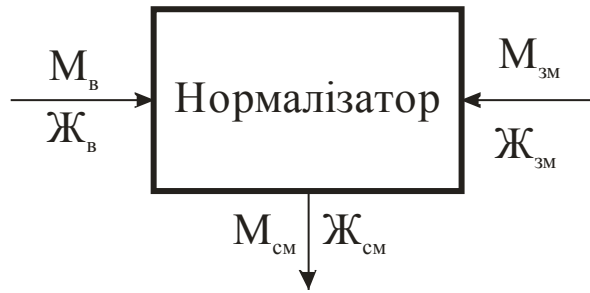
$$M_{\text{св}} = M_{\text{сг}} - M_{\text{сиру}} = 112280 - 53280 = 59000 \text{ кг}$$

Цех виготовлення сметани

Баланс нормалізатора вершків:

Жирність вершків $Ж_B = 73 \%$, кількість верків $M_B = 3$ т. Жирність сметани $Ж_{\text{см}} = 21 \%$, жирність знежиреного молока $Ж_{\text{ЗМ}} = 0,03 \%$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



$$M_{сМ} = \frac{M_B \cdot (\mathcal{J}_B - \mathcal{J}_{3M})}{\mathcal{J}_{сМ} - \mathcal{J}_{3M}} = \frac{3000 \cdot (73 - 0,03)}{21 - 0,03} = 10370 \text{ кг}$$

$$M_{3M} = M_{сМ} - M_B = 10370 - 3000 = 7370 \text{ кг}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок камери заморожування вершкового масла

Масло заморожується в ящиках розміром 342x253x253 і вагою $M = 20$ кг.

Товщина упаковки $\delta_{уп} = 1,4$ мм, теплопровідність $\lambda_{уп} = 0,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

Ящики заморожуються повітрям з температурою $t_x = -20$ °C і швидкістю $v = 6$ м/с.

Головний визначальний розмір:

$$R_3 \leq R_2 \leq R_1$$

$$0,1265 \leq 0,1265 \leq 0,171$$

$$R = R_3 = 0,1265 \text{ м}$$

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі від поверхні:

$$Re = \frac{v \cdot R}{\nu} = \frac{6 \cdot 0,1265}{1,17 \cdot 10^{-5}} = 64872$$

$$Nu = 0,037 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{0,8} = 0,037 \cdot 0,718^{1/3} \cdot 64872^{0,8} = 234,4$$

$$\alpha = \frac{\lambda \cdot Nu}{R} = \frac{0,0229 \cdot 234,4}{0,1265} = 42,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Тривалість заморожування:

$$\tau_0 = \frac{R \cdot q \cdot \rho \cdot w \cdot \omega}{t_{кр} - t_{о.с}} \cdot \left(Q \cdot \frac{R}{2 \cdot \lambda} + \Phi \cdot \frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_{уп}}{\lambda_{уп}} \right)$$

$$Q = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2}{\beta_1 \cdot \beta_2 + 0,7 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 - 0,15}$$

$$\beta_1 = \frac{R_1}{R_3} = \frac{0,171}{0,1265} = 1,35$$

$$\beta_2 = \frac{R_2}{R_3} = \frac{0,1265}{0,1265} = 1$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Розрахунок камери заморожування вершкового масла</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>ХМ4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

$$\chi_H = \frac{Bi_H \cdot (k+1) \cdot (k+5+2 \cdot \sqrt{2 \cdot k+6}) \cdot (Bi_H + \sqrt{2 \cdot k+6})}{4 \cdot (\sqrt{2 \cdot k+6} + 2 + Bi_H) \cdot Bi_H + \sqrt{2 \cdot k+6} \cdot (k+5+2 \cdot \sqrt{2 \cdot k+6})}$$

$$= \frac{23,3 \cdot (1,74+1) \cdot (1,74+5+2 \cdot \sqrt{2 \cdot 1,74+6}) \cdot (23,3 + \sqrt{2 \cdot 1,74+6})}{4 \cdot (\sqrt{2 \cdot 1,74+6} + 2 + 23,3) \cdot 23,3 + \sqrt{2 \cdot 1,74+6} \cdot (1,74+5+2 \cdot \sqrt{2 \cdot 1,74+6})} = 8,091$$

$$A_{пов} = \frac{\Phi \cdot \chi_H \cdot A_{об}}{Bi_H} = \frac{0,365 \cdot 8,091 \cdot 1}{23,3} = 0,127$$

$$m_H = \frac{\lambda_0}{c_0 \cdot \rho \cdot R^2} \cdot \chi_H = \frac{0,231}{4600 \cdot 865 \cdot 0,1265^2} \cdot 8,091 = 2,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\tau_{ох} = \frac{1}{2,8 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left(0,127 \cdot \frac{16+20}{-1,7+20} \right) = -0,35 \cdot 10^5 \text{ c}$$

Остаточна тривалість процесу заморожування:

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_0 + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_{ох} \\ &= 80000 + 40000 - 30000 - 125,5 + 30000 - 35000 = 86874,5 \text{ c} \\ &= 24,1 \text{ год} \end{aligned}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Визначення основних розмірів та планування приміщень ХОЛОДИЛЬНИКА.

4.1. Для розрахунку будівельної площі камер зберігання використаємо формулу:

$$F_{\text{бюд}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{F}} \cdot h_{\text{зр}}} , \text{ м}^2$$

де $B_{\text{к}}$ - місткість камери, т;

$q_{\text{в}}$ - норма завантаження продукту, т/м³;

β_{F} - коефіцієнт використання будівельної площі камери;

$h_{\text{зр}}$ - вантажна висота, м.

4.1.1. Визначаємо необхідну площу камери зберігання охолодженої сметани в пакетах:

$$F_{\text{бюд1}} = \frac{15}{0,75 \cdot 0,73 \cdot 2,5} = 10,958 \text{ м}^2$$

4.1.2. Визначаємо необхідну площу під камеру зберігання молока в пакетах:

$$F_{\text{бюд2}} = \frac{60}{0,71 \cdot 0,725 \cdot 2,5} = 45,71 \text{ м}^2$$

4.1.3. Визначаємо необхідну площу камери заморозки масла:

$$F_{\text{бюд3}} = \frac{8}{0,75 \cdot 0,7 \cdot 2} = 7,619 \text{ м}^2$$

4.1.4. Визначаємо площу камери зберігання замороженого масла:

$$F_{\text{бюд4}} = \frac{30}{0,75 \cdot 0,7 \cdot 2,5} = 22,857 \text{ м}^2$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<i>ХМ4-12ск</i>		

4.1.5. Визначаємо мінімальну площу камери зберігання кисломолочного сиру:

$$F_{\text{буд}} = \frac{60}{0,71 \cdot 0,72 \cdot 2,5} = 46,948 \text{ м}^2$$

4.2. Площа одного будівельного прямокутника розраховується за формулою:

$$f = b \cdot l = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

де b - ширина будівельного прямокутника, м;

l - довжина будівельного прямокутника, м.

4.3. Кількість будівельних прямокутників для кожної з камер визначаємо за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f}$$

4.3.1. Розрахункова кількість будівельних прямокутників в камері охолодженої сметани:

$$n_1 = \frac{10,958}{36} = 0,304$$

4.3.2. Розрахункова кількість будівельних прямокутників в камері зберігання молока:

$$n_2 = \frac{45,71}{36} = 1,269$$

4.3.3. Розрахункова кількість будівельних прямокутників в камері заморожування масла:

$$n_3 = \frac{7,619}{36} = 0,212$$

4.3.4. Розраховуємо кількість будівельних прямокутників камер зберігання замороженого масла:

$$n_4 = \frac{22,857}{36} = 0,635$$

4.3.5. Розраховуємо кількість будівельних прямокутників для камер зберігання кисломолочного сиру:

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_5 = \frac{46,948}{36} = 1,3$$

4.4. Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників n_{∂} , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення n .

$$n_{\partial 1} = 1$$

$$n_{\partial 2} = 2$$

$$n_{\partial 3} = 1$$

$$n_{\partial 4} = 1$$

$$n_{\partial 5} = 2$$

4.5. Знаходимо загальну площу камер зберігання:

$$F_{\text{б\у\д}} = \sum n_i \cdot f = 36 + 2 \cdot 36 + 36 + 36 + 2 \cdot 36 = 252 \text{ м}^2.$$

4.6. Визначаємо необхідну площу ділянки експедиції:

$$F_{\text{екс}} = 0,4 \cdot \frac{\sum M}{0,35} = 0,4 \cdot \frac{133,03}{0,35} = 152,03 \text{ м}^2$$

де $\sum M$ - загальне добове надходження продукту в камери, т/добу.

4.6.1. Визначаємо кількість будівельних прямокутників експедиції:

$$n_{\text{екс}} = \frac{152,03}{36} = 4,22$$

4.6.2. Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{\partial.\text{екс}}$, округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення n .

$$n_{\partial.\text{екс}} = 5$$

4.7. Знаходимо площу допоміжних приміщень за формулою:

$$F_{\text{доп}} = 0,35 \cdot \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,35 \cdot 134,09 = 46,932 \text{ м}^2$$

4.7.1. Визначаємо кількість будівельних прямокутників допоміжних приміщень:

$$n_{\text{доп}} = \frac{46,932}{36} = 1,3$$

Приймаємо кількість будівельних прямокутників $n_{\text{доп}} = 2$

4.8. Знаходимо площу холодильника в контурі ізоляції:

$$F_{\text{хол}}^I = \sum F_{\text{б\у\д}} + F_{\text{екс}} + F_{\text{доп}} = 152,03 + 134,09 + 46,93 = 333,05 \text{ м}^2$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8.1. Визначаємо кількість будівельних прямокутників холодильника в контурі ізоляції:

$$n_{хол'} = \frac{333,05}{36} = 9,25$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{хол'} = 10$

4.9. Знаходимо площу службових приміщень за формулою:

$$F_{сл} = 0,3 \cdot \sum F_{б\ddot{y}д} = 0,3 \cdot 134,09 = 40,2 \text{ м}^2$$

4.9.1. Визначаємо кількість будівельних прямокутників службових приміщень:

$$n_{сл} = \frac{40,2}{36} = 1,12$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{сл} = 2$

4.10. Знаходимо площу машинного відділення за формулою:

$$F_{маш} = 0,1 \cdot \sum F_{б\ddot{y}д} = 0,1 \cdot 134,09 = 13,4 \text{ м}^2$$

4.10.1. Визначаємо кількість будівельних прямокутників машинного відділення:

$$n_{маш} = \frac{13,4}{36} = 0,37$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{маш} = 1$

4.11. Знаходимо площу всього холодильника за формулою:

$$F_{хол} = F_{хол}^I + F_{сл} + F_{маш} = 333,05 + 40,2 + 13,4 = 386,65 \text{ м}^2$$

4.11.1. Визначаємо кількість будівельних прямокутників всього холодильника:

$$n_{хол} = \frac{386,65}{36} = 10,74$$

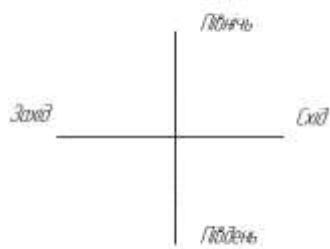
Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{хол} = 11$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

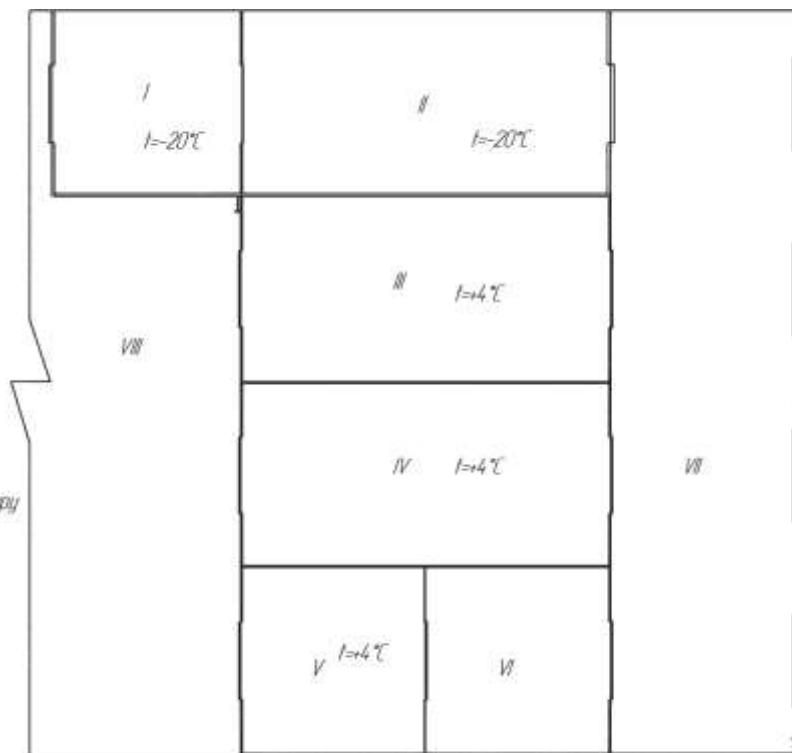
Визначення основних розмірів приміщень холодильника

Таблиця 1

Назва камери, приміщення	Ек т	g_v т/м ³	β_F	h_v м	$F_{буд}$ м ²	f м ²	n	n_d	F_d м ²
1.Зберігання молока в пакетах	60	0,71	0,725	2,5	45,71	36	1,269	2	72
2.Зберігання сиру кисломолочного	60	0,71	0,72	2,5	46,948	36	1,3	2	72
3.Зберігання охолодженої сметани в пакетах	15	0,75	0,73	2,5	10,958	36	0,304	1	36
4.Замороження масла	8	0,75	0,7	2	7,619	36	0,212	1	36
5.Зберігання масла замороженого	30	0,75	0,7	2,5	22,857	36	0,794	1	36
Експедиція					152,03	36	4,22	5	180
Допоміжні приміщення					46,932	36	1,3	2	72
Холодильник в контурі					333,05	36	9,25	10	360
Службові приміщення					40,2	36	1,12	2	72
Холодильник					386,65	36	10,74	11	396



- I* - камера заморожування масла
- II* - камера зберігання масла
- III* - камера зберігання кисломолочного сиру
- IV* - камера зберігання молока
- V* - камера зберігання сметани
- VI* - експедиція
- VII* - автомобільна платформа
- VIII* - вихідні приміщення



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.011.2022 ПЗ

5. Розрахунок ізоляційних конструкцій

Захисне теплоізолювання камер та допоміжних приміщень виконано сучасним утеплювачем із сендвіч-панелей на з наповненням пінополіуретану (табл. 1). Необхідність ізолювання підлогового покриття відсутня, адже температура в камерах близька, але не нижче 0°C.

Покрівля холодильника виконана з сендвіч-панелей. При проведенні розрахунку мінімальної необхідної товщини ізоляції зовнішніх стін та перекриттів використовуємо параметри зовнішнього повітря згідно нормативної документації (табл. 2).

Таблиця 1. Характеристики сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан

Найменування показників	Величина показників
Густина, кг/м ³ , не більше	55
Теплопровідність, Вт/(м ² ·К), не більше	0,021
Волого-поглинання за 24 години при відносній вологості повітря 96%, % від об'єму, не більше	0,1
Міцність зчеплення з металевим листом, МПа(кгс/см ²)	
при рівномірному відриві	0,20 (2,0)
при зміщенні	0,25 (2,5)
Міцність при розтягненні, МПа(кгс/см ²), не менше	0,20 (2,0)
Міцність при зміщенні, МПа(кгс/см ²), не менше	0,25 (2,5)
Модуль пружності при розтягненні, МПа(кгс/см ²), не менше	12 (120)
Модуль зміщення, МПа(кгс/см ²), не менше	4,5 (45)
Склад добавок, що гасять полум'я, % від ваги, не менше	5
Товщина металевого листа δ, мм	0,5
Коефіцієнт теплопровідності металевого листа λ, Вт/(м ² ·К)	46,5

Стандартний ряд товщин панелей, мм: 50, 60, 80, 100, 120, 150.

Таблиця 2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С			Відносна вологість повітря, %	
	літня	зимова	середньорічна	літня	зимова
Львів	37	-25	7,2	41	89

<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Бланк О.В.		
Перевір.		Бондар В.І.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
<i>Розрахунок ізоляційних конструкцій</i>			Літ.	Лист.
			<i>ХМ4-12ск</i>	

Стіна між камерою та коридором:

$$\lambda_{i3} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$
$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,073 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^0 = 80 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0,248 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Стіна між камерою замороження масла та камерою зберігання

масла:

$$\lambda_{i3} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$
$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,0316 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^0 = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,385 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$
$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,097 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^0 = 100 \text{ мм}$.

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.011.2022 ПЗ				

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,204 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Камера зберігання масла $t_{кам} = -20^{\circ}C$

Зовнішня стіна:

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{із}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,096 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{із}^o = 100 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,1}{0,022}} = 0,202 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою зберігання масла та камерою зберігання кисломолочного сиру:

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,26 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{із}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,26} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,076 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{із}^o = 80 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0,246 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою та автоплатформою:

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,094 \text{ м ;}$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 100 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,199 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

Покрівля камери:

$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$; $K_0 = 0,21 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_3 = 23 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_6 = 8 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,096 \text{ м ;}$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 100 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

Камера зберігання кисломолочного сиру $t_{кам} = +4^\circ\text{C}$

Стіна між камерою та коридором:

$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$; $K_0 = 0,45 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_3 = 8 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$; $\alpha_6 = 8 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,043 \text{ м ;}$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою зберігання сиру та камерою зберігання молока:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,030 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою та автоплатформою:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,022 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,041 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,35} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,056 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 100 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Камера зберігання молока $t_{\text{кам}} = +4^\circ\text{C}$ **Стіна між камерою та коридором:**

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,022 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,041 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стіна між камерою зберігання молока та камерою зберігання

сметани:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,030 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Стіна між камерою зберігання молока та експедицією:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,041 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Стіна між камерою та автоплатформою:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_6 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,041 \text{ м ;}$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)} ; \quad K_0 = 0,35 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} ; \quad \alpha_3 = 23 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} ; \quad \alpha_6 = 8$$

$\text{Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,35} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,056 \text{ м ;}$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 100 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

Камера зберігання сметани $t_{\text{кам}} = +4^\circ \text{C}$

Зовнішня стінка:

$$\lambda_{i3} = 0,021 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)} ; \quad K_0 = 0,35 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} ; \quad \alpha_3 = 23 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)} ; \quad \alpha_6 = 8$$

$\text{Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,35} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,056 \text{ м ;}$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 100 \text{ мм}$.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,202 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

Стіна між камерою та коридором:

$$\lambda_{i3} = 0,021 Bm/(m \cdot K) ; \quad K_0 = 0,45 Bm/(m^2 \cdot K) ; \quad \alpha_3 = 8 Bm/(m^2 \cdot K) ; \alpha_6 = 8 Bm/(m^2 \cdot K)$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 (m^2 \cdot K) / Bm$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,041 m ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50mm$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

Стіна між камерою та експедицією:

$$\lambda_{i3} = 0,021 Bm/(m \cdot K) ; \quad K_0 = 0,45 Bm/(m^2 \cdot K) ; \quad \alpha_3 = 8 Bm/(m^2 \cdot K) ; \alpha_6 = 8 Bm/(m^2 \cdot K)$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 (m^2 \cdot K) / Bm$$

$$\delta_{i3}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,041 m ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{i3}^o = 50mm$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{i3} = 0,021 Bm/(m \cdot K) ; \quad K_0 = 0,35 Bm/(m^2 \cdot K) ; \quad \alpha_3 = 23 Bm/(m^2 \cdot K) ; \alpha_6 = 8 Bm/(m^2 \cdot K)$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$$

$$\delta_{із}^n = 0,021 \cdot \left[\frac{1}{0,35} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,056 \text{ м};$$

Товщину сендвіч-панелей вибираємо з стандартного ряду $\delta_{із}^o = 100 \text{ мм}$.

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

Таблиця 2.2.3 Товщини теплоізоляції та коефіцієнти теплопередачі огорожуючи конструкцій

Огородження	t _в , °С	α _{зов} , Вт/(м ² ·К)	α _в , Вт/(м ² ·К)	Товщина теплоізоляційного шару, м		Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	
				δ _{із} ⁿ	δ _{із} ^o	K ₀	K ₀ ^D
Камера заморожування масла							
Зовнішня стіна	-20	23	11	0,097	0,1	0,21	0,204
Між камерою та коридором	-20	8	11	0,073	0,08	0,27	0,248
Між камерою заморожування та камерою зберігання	-20	8	11	0,0316	0,05	0,58	0,385
Покрівля	-20	23	11	0,097	0,1	0,21	0,204
Камера зберігання масла							
Зовнішня стіна	-20	23	8	0,096	0,1	0,21	0,202
Між камерою зберігання масла та камерою зберігання сметани	-20	8	8	0,076	0,08	0,26	0,246
Між камерою та автоплатформою	-20	8	8	0,094	0,1	0,21	0,199
Покрівля	-20	23	8	0,096	0,1	0,21	0,202
Камера зберігання кисломолочного сиру							
Між камерою та коридором	+4	8	8	0,043	0,05	0,45	0,38
Між камерою зберігання сиру та камерою зберігання молока	+4	8	8	0,030	0,05	0,58	0,38
Між камерою та	+4	8	8	0,041	0,05	0,045	0,38

автоплатформою							
Покрівля	+4	23	8	0,056	0,1	0,35	0,202

Продовження таблиці 2.2.3

Камера зберігання молока							
Між камерою та коридором	+4	8	8	0,041	0,05	0,45	0,38
Між камерою зберігання молока та камерою зберігання сметани	+4	8	8	0,030	0,05	0,58	0,38
Між камерою зберігання молока та експедицією	+4	8	8	0,041	0,05	0,45	0,38
Між камерою та автоплатформою	+4	8	8	0,041	0,05	0,45	0,38
Покрівля	+4	23	8	0,056	0,1	0,35	0,202
Камера зберігання сметани							
Зовнішня стіна	+4	23	8	0,056	0,1	0,35	0,202
Між камерою та коридором	+4	8	8	0,041	0,05	0,45	0,38
Між камерою та експедицією	+4	8	8	0,041	0,05	0,45	0,38
Покрівля	+4	23	8	0,056	0,1	0,35	0,202

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

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

6.1. Теплонадходження через загороджуючі конструкції.

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{Вт};$$

де Q_{1T}, Q_{1C} - надходження теплоти відповідно через стіни, простінки, перекриття, покрівлю, через підлогу, від сонячної радіації, Вт.

$$Q_{1T} = K_{\theta} \times F \times \theta \times 10^{-3} = K_{\theta} \times F \times (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) \times 10^{-3}, \text{Вт};$$

Знаходимо теплопритік від дії сонячної радіації:

$$Q_{1C} = K_{\theta} \cdot F \cdot \Delta t, \text{Вт}$$

де Δt - надлишкова різниця температури від дії сонячної радіації, °С.

Камера заморожування масла:

Північна сторона:

$$Q_{1T} = 0,204 \cdot 3,8 \cdot 6 \cdot (37 + 20) = 0,26 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,26 + 0 = 0,26 \text{ кВт}.$$

Південна сторона:

$$Q_{1T} = 0,248 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 + 20) = 0,19 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,19 + 0 = 0,19 \text{ кВт}.$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бланк О.В.			Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень		
Перевір.		Бондар В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Літ.	Лист.	Листів
					ХМ4-12ск		

Західна сторона:

$$Q_{1T} = 0,248 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 + 20) = 0,19 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,19 + 0 = 0,19 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 + 0 = 0 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{1T} = [0,47 \cdot 12 \cdot (37 + 20)] + [0,23 \cdot 12 \cdot (37 + 20)] + [0,12 \cdot 12 \cdot (37 + 20)] = 0,53 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,53 + 0 = 0,53 \text{ Вт}.$$

Покриття:

$$Q_{1T} = 0,204 \cdot 6 \cdot 6 \cdot (37 + 20) = 0,42 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0,204 \cdot 36 \cdot 14,9 = 0,11 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,42 + 0,11 = 0,53 \text{ кВт}.$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру:

$$Q_1 = 0,26 + 0,19 + 0,19 + 0 + 0,53 + 0,53 = 1,7 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання масла:

Північна сторона:

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 3,8 \cdot 12 \cdot (37 + 20) = 0,52 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,52 + 0 = 0,52 \text{ кВт}.$$

Південна сторона:

$$Q_{1T} = 0,246 \cdot 45,6 \cdot (4 - 20) = -0,18 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,18 + 0 = -0,18 \text{ кВт}.$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Західна сторона:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 + 0 = 0 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{1T} = 0,199 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 + 20) = 0,15 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,15 + 0 = 0,15 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{1T} = [0,47 \cdot 24 \cdot (37 + 20)] + [0,23 \cdot 24 \cdot (37 + 20)] + [0,12 \cdot 24 \cdot (37 + 20)] = 1,06 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 1,06 + 0 = 1,06 \text{ Вт}.$$

Покриття:

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 6 \cdot 12 \cdot (37 + 20) = 0,82 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0,202 \cdot 72 \cdot 14,9 = 0,22 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,82 + 0,22 = 1,04 \text{ кВт}.$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру:

$$Q_1 = 0,52 - 0,18 + 0 + 0,15 + 1,06 + 1,04 = 2,59 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання кисломолочного сиру:

Північна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 3,8 \cdot 12 \cdot (-20 - 4) = -0,41 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,41 + 0 = -0,41 \text{ кВт}.$$

Південна сторона:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = 0 + 0 = 0 \text{ кВт.}$$

Західна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт.}$$

Східна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт.}$$

Підлога:

$$Q_{1T} = 0,07 \cdot 24 \cdot (37 - 4) + 0,07 \cdot 12 \cdot (37 - 4) = 0,08 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,08 + 0 = 0,08 \text{ Вт.}$$

Покриття:

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 6 \cdot 12 \cdot (37 - 4) = 0,47 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0,202 \cdot 72 \cdot 14,9 = 0,22 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,47 + 0,22 = 0,69 \text{ кВт.}$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру:

$$Q_1 = -0,41 + 0 + 0,17 + 0,17 + 0,08 + 0,69 = 0,7 \text{ кВт.}$$

Камера зберігання молока:

Північна сторона:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 + 0 = 0 \text{ кВт.}$$

Південна сторона:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 + 0 = 0 \text{ кВт.}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Південна сторона 2 (на межі з експедицією):

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт}.$$

Західна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{1T} = 0,07 \cdot 24 \cdot (37 - 4) + 0,07 \cdot 12 \cdot (37 - 4) = 0,08 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,08 + 0 = 0,08 \text{ Вт}.$$

Покриття:

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 6 \cdot 12 \cdot (37 - 4) = 0,47 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0,202 \cdot 72 \cdot 14,9 = 0,22 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,46 + 0,23 = 0,69 \text{ кВт}.$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру:

$$Q_1 = 0 + 0 + 0,17 + 0,17 + 0,17 + 0,08 + 0,69 = 1,28 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання сметани:

Північна сторона:

$$Q_{1T} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 + 0 = 0 \text{ кВт}.$$

Південна сторона:

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 22,8 \cdot (37 - 4) = 0,15 \text{ кВт};$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1C} = 0,202 \cdot 22,8 \cdot 3,2 = 0,02 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,15 + 0,02 = 0,17 \text{ кВт}.$$

Західна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{1T} = 0,38 \cdot 22,8 \cdot 0,6 \cdot (37 - 4) = 0,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,17 + 0 = 0,17 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{1T} = [0,47 \cdot 12 \cdot (37 - 4)] + [0,23 \cdot 12 \cdot (37 - 4)] + [0,12 \cdot 12 \cdot (37 - 4)] = 0,29 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,29 + 0 = 0,29 \text{ Вт}.$$

Покриття:

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 6 \cdot 6 \cdot (37 - 4) = 0,24 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0,202 \cdot 36 \cdot 14,9 = 0,10 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,24 + 0,10 = 0,34 \text{ кВт}.$$

Загальна кількість теплопритоків в камеру:

$$Q_1 = 0 + 0,17 + 0,17 + 0,17 + 0,29 + 0,34 = 1,14 \text{ кВт}.$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5.1.1

Назва камери	Назва огороженя	K_0^D , Вт/($m^2 \cdot K$)	F, m^2	t_z , °C	$t_{вн}$, °C	θ	Q_{IT} , кВт	Δt	Q_{IC} , кВт	Q_1 , кВт
Камера заморозування масла	північна ст.	0,204	22,8	37	-20	57	0,26	-	0	0,26
	південна ст.	0,248	22,8	-	-20	32,4	0,19	-	0	0,19
	західна ст.	0,248	22,8	-	-20	32,4	0,19	-	0	0,19
	східна ст.	0,402	22,8	-20	-20	0	0	-	0	0
	підлога	-	36	37	-20	57	0,53	-	0	0,53
	покриття	0,204	36	37	-20	57	0,42	14,9	0,11	0,53
Всього:										1,7
Камера зберігання масла	північна ст.	0,202	45,6	37	-20	57	0,52	-	0	0,52
	південна ст.	0,246	45,6	4	-20	-16	-0,18	-	0	-0,18
	західна ст.	0,402	22,8	-20	-20	0	0	-	0	0
	східна ст.	0,199	22,8	-	-20	32,4	0,15	-	0	0,15
	підлога	-	72	37	-20	57	1,06	-	0	1,06
	покриття	0,202	72	37	-20	57	0,82	14,9	0,22	1,04
Всього:										2,59
Камера зберігання кисломолочного сиру	північна ст.	0,38	45,6	-20	4	-24	-0,41	-	0	-0,41
	південна ст.	0,38	45,6	4	4	0	0	-	0	0
	західна ст.	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17
	східна ст.	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17
	підлога	-	72	37	4	33	0,08	-	0	0,08
	покриття	0,202	72	37	4	33	0,47	14,9	0,22	0,69
Всього:										0,7
Камера зберігання молока	північна ст.	0,38	45,6	4	4	0	0	-	0	0
	південна ст.	0,38	22,8	4	4	0	0	-	0	0
	південна ст.2	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17

Лист

00.КР.142.008.011.2022 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.5.1.1

	західна ст.	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17
	східна ст.	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17
	підлога	-	72	37	4	33	0,08	-	0	0,08
	покриття	0,202	72	37	4	33	0,47	14,9	0,22	0,69
Всього:										1,28
Камера зберігання сметани	північна ст.	0,38	22,8	4	4	0	0	-	0	0
	південна ст.	0,202	22,8	37	4	33	0,15	3,2	0,02	0,17
	західна ст.	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17
	східна ст.	0,38	22,8	-	4	18	0,17	-	0	0,17
	підлога	-	36	37	4	33	0,29	-	0	0,29
	покриття	0,202	36	37	4	33	0,24	14,9	0,1	0,34
Всього:										1,14

6.2 Теплонадходження при холодильній обробці продуктів

Теплопритоки від холодильної обробки продукції розраховують за формулою:

$$Q_2 = Q_{2п} + Q_{2т} , Вт$$

де $Q_{2п}$ - теплонадходження від продуктів, Вт;

$Q_{2т}$ - теплонадходження від тари, Вт.

Теплопритоки від продуктів:

$$Q_{2п} = M_д \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} , Вт$$

де $M_д$ - добове надходження продукта в камеру, т/добу;

i_n - ентальпія продукту при надходженні в камеру, кДж/кг;

i_k - ентальпія продукту після холодильної обробки, кДж/кг;

τ - час холодильної обробки, год.

Відвід тепла від тари:

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2T} = M_{om} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ Вт}$$

де M_{om} - добове надходження тари в камеру, $t/доби$;

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

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

τ - час холодильної обробки, $год$;

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

Камера заморожування масла №1:

$$Q_{2П} = 1,3 \cdot 10 \cdot (214,4 - 40,6) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 26,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,1 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot (16 + 5) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,56 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 26,1 + 0,56 = 26,66 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання масла №2:

$$Q_{2П} = 10 \cdot (40,6 - 2,3) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 4,43 \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,1 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot (-5 + 20) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,39 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 4,43 + 0,39 = 4,82 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання кисломолочного сиру №3:

$$Q_{2П} = 53,28 \cdot (316,5 - 316,5) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,1 \cdot 53,28 \cdot 2,3 \cdot (25 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 2,98 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0 + 2,98 = 2,98 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання молока №4:

$$Q_{2П} = 59,38 \cdot (334,9 - 334,9) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{2T} = 0,1 \cdot 59,38 \cdot 2,3 \cdot (25 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 3,32 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0 + 3,32 = 3,32 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання сметани №5:

$$Q_{2П} = 10,37 \cdot (13 - 13) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0 \text{ кВт};$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2T} = 0,1 \cdot 10,37 \cdot 2,3 \cdot (25 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,56 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0 + 0,56 = 0,56 \text{ кВт}.$$

Номер камери	$t_{\text{кам}}$	M_d	M_{dT}	t_n	t_k	i_n	i_k	C_T	τ	Q_{2n}	Q_{2T}	Q_2
	°C	т/до б	т/до б	°C	°C	кДж /кг	кДж /кг	кДж /кгК	год	кВт	кВт	кВт
Камера №1	-20	10	0,8	16	-5	214,4	40,6	2,3	22,2	26,1	0,56	26,66
Камера №2	-20	10	0,8	-5	-20	40,6	2,3	2,3	24	4,43	0,39	4,82
Камера №3	4	53,28	4,8	4	4	316,5	316,5	2,3	24	0	2,98	2,98
Камера №4	4	59,38	5,1	4	4	334,9	334,9	2,3	24	0	3,32	3,32
Камера №5	4	10,37	1	4	4	316,5	316,5	2,3	24	0	0,56	0,56

6.3 Розрахунок експлуатаційних теплопритоків.

Експлуатаційні теплопритоки визначають за формулою:

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

де q_1 - тепло притік від освітлення, кВт;

q_2 - тепло притік від людей, кВт;

q_3 - тепло притік від працюючих електродвигунів, кВт;

q_4 - тепло притік від відкриття дверей, кВт.

6.3.1. Знаходимо теплопритік від освітлення за формулою:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ кВт}$$

де A - питомий теплопритік від приладів на 1 м² підлоги, Вт/м²;

F - площа камери, м².

6.3.2. Знаходим теплопритік від перебування людей за формулою:

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ кВт}$$

де n - кількість людей, чел;

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

6.3.3. Знаходимо теплопритік від працюючих електродвигунів за формулою:

$$q_3 = N_{el}, \text{ кВт}$$

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

6.3.4. Знаходимо теплопритік від відкриття дверей за формулою:

$$q_4 = K \cdot F, \text{ кВт}$$

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

F - площа камери, $м^2$.

Камера заморожування масла №1:

$$q_1 = 4,7 \cdot 36 = 0,12 \text{ кВт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт};$$

$$q_3 = 8 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 20,3 \cdot 36 = 0,73 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,12 + 0,7 + 8 + 0,73 = 9,55 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання масла №2:

$$q_1 = 2,3 \cdot 72 = 0,17 \text{ кВт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 9,5 \cdot 72 = 0,68 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,17 + 0,7 + 4 + 0,68 = 5,55 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання кисломолочного сиру №3:

$$q_1 = 2,3 \cdot 72 = 0,17 \text{ кВт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 9,5 \cdot 72 = 0,68 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,17 + 0,7 + 4 + 0,68 = 5,55 \text{ кВт}.$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера зберігання молока №4:

$$q_1 = 2,3 \cdot 72 = 0,17 \text{ кВт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 9,5 \cdot 72 = 0,68 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,17 + 0,7 + 4 + 0,68 = 5,55 \text{ кВт}.$$

Камера зберігання сметани №5:

$$q_1 = 2,3 \cdot 36 = 0,08 \text{ кВт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт};$$

$$q_3 = 4 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 18,4 \cdot 36 = 0,66 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,08 + 0,7 + 4 + 0,66 = 5,44 \text{ кВт}.$$

Номер камери	F _д	A	q ₁	n	q ₂	N _{ел}	q ₃	K	q ₄	Q ₄
	м ²	Вт/м ²	кВт	чол	Вт	кВт	кВт	Вт/м ²	кВт	кВт
Камера №1	36	4,7	0,12	2	0,7	8	8	20,3	0,73	9,55
Камера №2	72	2,3	0,17	2	0,7	4	4	9,5	0,68	5,55
Камера №3	72	2,3	0,17	2	0,7	4	4	9,5	0,68	5,55
Камера №4	72	2,3	0,17	2	0,7	4	4	9,5	0,68	5,55
Камера №5	36	2,3	0,08	2	0,7	4	4	18,4	0,66	5,44

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 – надходження теплоти відповідно через огорожувальні будівельні конструкції, від продуктів при холодильному

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблені, від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією камери, що виділяється продуктами під час виділення.

Назва приміщення	$t_{\text{кам}}$ °C	Q_1 , кВт	Q_2 , кВт	Q_4 , кВт	Q , кВт
Зберігання охолодженої сметани	4	1,14	0,56	5,44	7,14
Зберігання охолодженого молока	4	1,28	3,32	5,55	10,15
Зберігання кисломолочного сиру	4	0,7	2,98	5,55	9,23
Всього					26,52
Заморожування масла	-20	1,7	26,66	9,55	37,91
Зберігання масла	-20	2,59	4,82	5,55	12,96
Всього					50,87

7. Визначення навантаження на обладнання камер та компресори.

Навантаження на компресор Q_{KM} складається із усіх видів теплонадходжень, але в ряді випадків їх можна враховувати на повністю, а частково, в залежності від типу та призначення холодильника.

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

Холодильне навантаження технологічного процесу згідно розділу 2.7

(проміжний холодоносій - "льодяна" вода $t_0 = 1^\circ\text{C}$)

1. Прийомка молока ($8 \rightarrow 6^\circ\text{C}$):

$$Q_{np} = 1,3 \cdot M_{np} \cdot \Delta H \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 350 \cdot (350,7 - 342,6) \cdot \frac{10^3}{7 \cdot 3600}$$

$$= 146,3 \text{ кВт};$$

2. Охолодження після сепарації ($35 \rightarrow 4^\circ\text{C}$):

а) вершків

$$Q_{вер.} = 1,3 \cdot M_{вер.} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600}$$

$$= 1,3 \cdot 17,3 \cdot 3,58 \cdot (35 - 4) \cdot \frac{10^3}{7 \cdot 3600} = 98,8 \text{ кВт};$$

б) знежиреного молока

$$Q_{зн.вер.} = 1,3 \cdot M_{зн.мол.} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} =$$

$$= 1,3 \cdot 285,2 \cdot 3,9 \cdot (35 - 4) \cdot \frac{10^3}{7 \cdot 3600} = 2075,2 \text{ кВт};$$

3. Охолодження перед сквашуванням сиру ($35 \rightarrow 30^\circ\text{C}$):

$$Q_{сир.} = 1,3 \cdot M_{сир.} \cdot \Delta H \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 112,28 \cdot (422,8 - 387,2) \cdot \frac{10^3}{7 \cdot 3600}$$

$$= 229,3 \text{ кВт};$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Визначення навантаження на обладнання камер та компресори</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>ХМ4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

4. Охолодження кисломолочного сиру (30 → 4°C):

$$Q_{сир.} = 1,3 \cdot M_{сир.} \cdot \Delta H \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 53,28 \cdot (387,2 - 314) \cdot \frac{10^3}{7 \cdot 3600} \\ = 216,5 \text{ кВт};$$

5. Охолодження молока після нормалізації (35 → 4°C):

$$Q_{мол.} = 1,3 \cdot M_{мол.} \cdot \Delta H \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 59,38 \cdot (458 - 335) \cdot \frac{10^3}{7 \cdot 3600} \\ = 375,8 \text{ кВт};$$

6. Охолодження вершків для дозрівання масла (40 → 10°C):

$$Q_{вер.} = 1,3 \cdot M_{вер.} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 10 \cdot 3,58 \cdot (40 - 10) \cdot \frac{10^3}{7,5 \cdot 3600} \\ = 51,7 \text{ кВт};$$

7. Охолодження вершків перед заквашуванням сметани (50 → 26°C):

$$Q_{вер.} = 1,3 \cdot M_{вер.} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 10,37 \cdot 3,58 \cdot (50 - 26) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} \\ = 53,6 \text{ кВт};$$

8. Камери зберігання упакованої продукції:

$$Q_{зб1} = 0,9 \cdot \sum Q_1 + 0,6 \cdot \sum Q_2 + 0,75 \cdot \sum Q_4 \\ = 0,9 \cdot 3,12 + 0,6 \cdot 6,86 + 0,75 \cdot 16,54 = 18,93$$

Згідно вирахованого графіка споживання холодительної потужності визначено, що за добу двічі відбувається підвищення навантаження. Для їх компенсації застосуємо аміачну холодительну установку з акумуляторами холоду. Акумулятори створено на базі Baltimore Aircoil TSU-700D для застосування з рідкими холодоносіями. При відсутності високого навантаження на поверхні замерзає лід, який можна використати як вторинне джерело холоду для підвищення ефективної потужності в пікові періоди.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лис
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

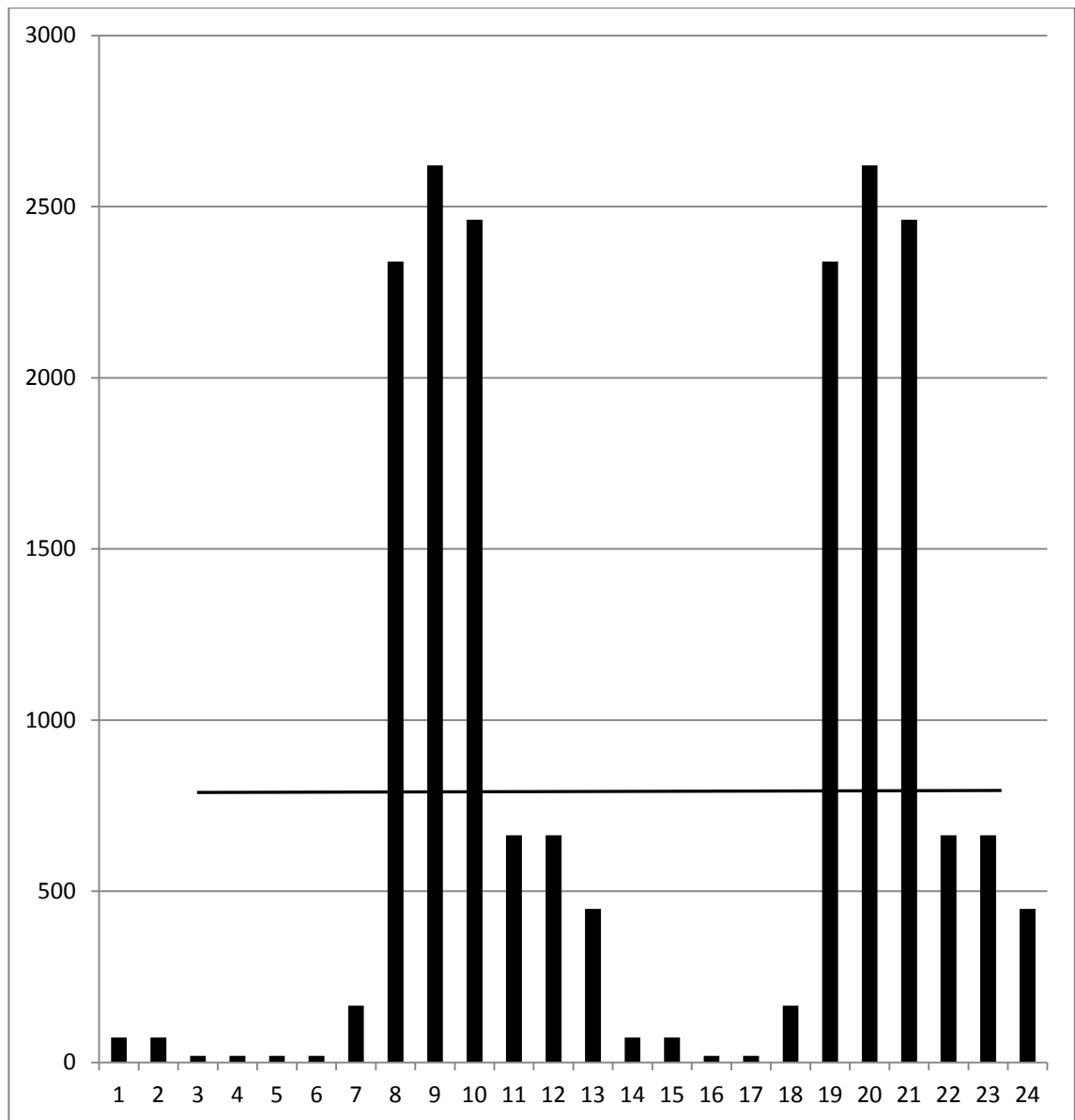


Рис. 1. Графік холодонавантаження молокозаводу

Навантаження компресор визначаємо наближеним методом рекомендованим для холодильників з багатьма споживачами холоду.

Згідно з цим методом:

- теплопритоки через огородження враховують як:

$$Q_{1KM} = 0.9 \cdot Q_1;$$

- теплопритоки від термічної обробки продуктів:

$$Q_{2KM} = Q_2 - \text{для камер термообробки, Вт};$$

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

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

- експлуатаційні теплонадходження враховуємо як:

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

Передбачаємо встановлення двох компресорів.

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння $t_0 = -5^\circ\text{C}$

Усерелнену холодопродуктивність станції Q_{-5} визначаю як середнє значення холодонавантаження за добу з рис.1. Враховуючи коефіцієнт робочого часу для компресорів та коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах і апаратах ХУ отримаємо холодопродуктивність:

$$Q_{-5} = k \cdot \frac{\sum Q_{KM1}}{b} = 1,12 \cdot \frac{796,8}{0,9} = 991,6 \text{ кВт};$$

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння $t_0 = -25^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} Q_{зб2} &= 0,9 \cdot \sum Q_1 + 0,7 \cdot \sum Q_2 + 0,75 \sum Q_4 = \\ &= 0,9 \cdot 4,29 + 0,7 \cdot 31,48 + 0,75 \cdot 15,1 = 37,2 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$Q_{-25} = k \cdot \frac{\sum Q_{KM1}}{b} = 1,05 \cdot \frac{36,7}{0,95} = 40,7 \text{ кВт};$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.

Основними параметрами, що характеризують робочий режим холодильної машини є температура кипіння t_0 , конденсації t_k та температура пари на вході в компресор $t_{вс}$.

Цими параметрами задаються в залежності від призначення холодильної установки та зовнішніх умов. Температуру холодоагенту у випарнику приймаємо на $5-10^\circ\text{C}$ нижчою, ніж необхідна температура у камерах охолодження.

Температура конденсації залежна від температури і кількості води яка охолоджує конденсатор. Оскільки застосовано кожухотрубний конденсатор горизонтального типу КТГ температуру конденсації прийнято на $(2 \div 4)^\circ\text{C}$ вище температури води, що з нього виходить:

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

При циркуляційній схемі температуру води t_{w2} та t_{w1} обирають в залежності від параметрів навколишнього середовища та коефіцієнта ефективності градирні:

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{м.т.}}$$

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

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

Для м. Львів температура мокрого термометра при $t_c=37^\circ\text{C}$; $\varphi = 42\%$,
 $t_{м.т.} = 23,5^\circ\text{C}$.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бланк О.В.			<i>Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів</i>	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.						<i>ХМ4-12ск</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

тоді:

$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{m.m.} = \frac{5}{0,8} + 23,5 = 29,8^\circ\text{C};$$

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4) = 29,8 + 2,2 = 32^\circ\text{C}.$$

Пари холодильного агенту не перегріваються, так як на виході маємо суху насичену пару з циркуляційних ресиверів.

Креслимо цикл роботи установки в $\lg P-h$ діаграмі для аміаку. Значення параметрів х.а. у вузлових точках

циклу заносимо до табл.1.

Таблиця 1

№ точки	t, °C	p, бар	v, м³/кг	h, кДж/кг
1	-25	1,51	0,77	1429
2	28	3,53	0,4	1537
3	-5	3,53	0,35	1454
4	83	12,4	0,13	1632
5	32	12,4	0,0018	350
6	-3	12,4	-	185
7	-5	3,53	0,0039	185
8	-5	3,53	0,0022	179
9	-22	3,53	-	100
10	-25	1,51	0,0097	100

Розраховуємо масову витрати холодоагенту на кожен контур споживачів:

$$M_{(-5)} = Q_{0m(-5)} / (h_1 - h_{10}) \cdot (1 - X_{10}) = \frac{991,6}{(1429 - 100) \cdot (1 - 0,009)} = 0,753 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{(-25)} = Q_{0m(-25)} / (h_3 - h_7) \cdot (1 - X_7) = \frac{40,7}{(1454 - 185) \cdot (1 - 0,01)} = 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Загальна масова витрата R717. в КМ1:

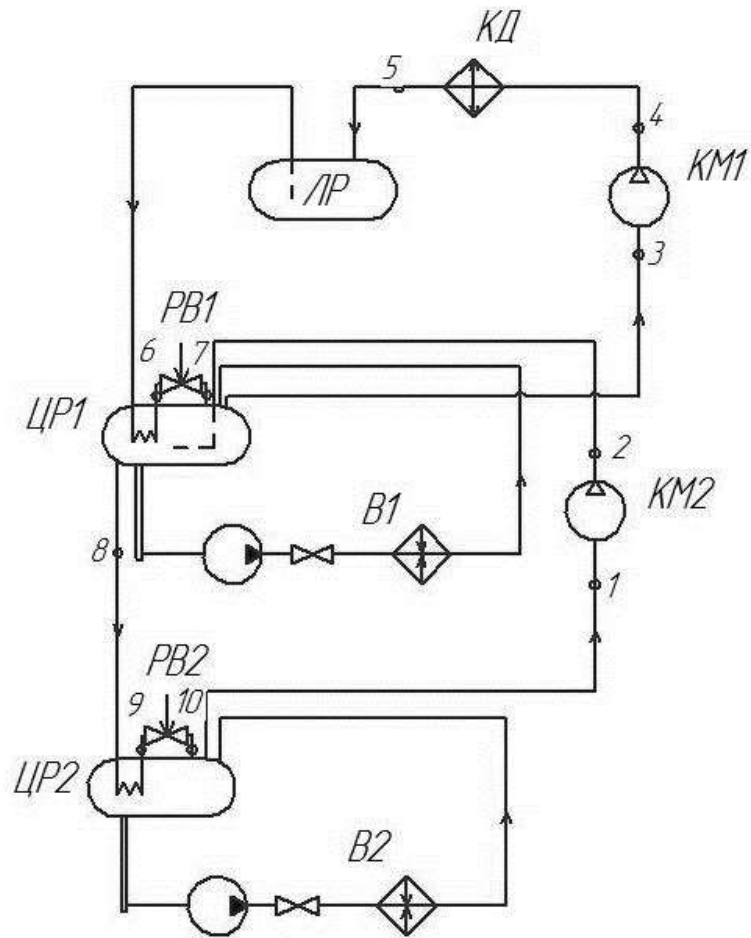
$$M_{\text{км1}} = M_{(-5)} + M_{(-25)} \cdot \frac{(h_2 - h_8)}{(h_3 - h_7)} = 0,753 + 0,032 \cdot \frac{(1537 - 179)}{(1454 - 185)} = 0,787 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Щоб визначити необхідну об'ємну продуктивності компресора необхідно знайти коефіцієнти подачі λ .

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_w.$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі.



Для першого компресора:

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{np} - \Delta P_{вс}}{P_{np}} - c \cdot \left[\left(\frac{P_{\kappa} + \Delta P_{н}}{P_{np}} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{(P_{np} - \Delta P_{вс})}{P_{np}} \right];$$

$c = 0,02$ – відносний мертвий простір;

$n = 1,1$ – показник політропи;

$\Delta P_{вс} = 0,02 \cdot P_{np} = 0,02 \cdot 3,53 = 0,07 \text{ бар}$ - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{наг} = 0,03 \cdot P_{\kappa} = 0,03 \cdot 12,4 = 0,372 \text{ бар}$ - депресія на нагнітанні;

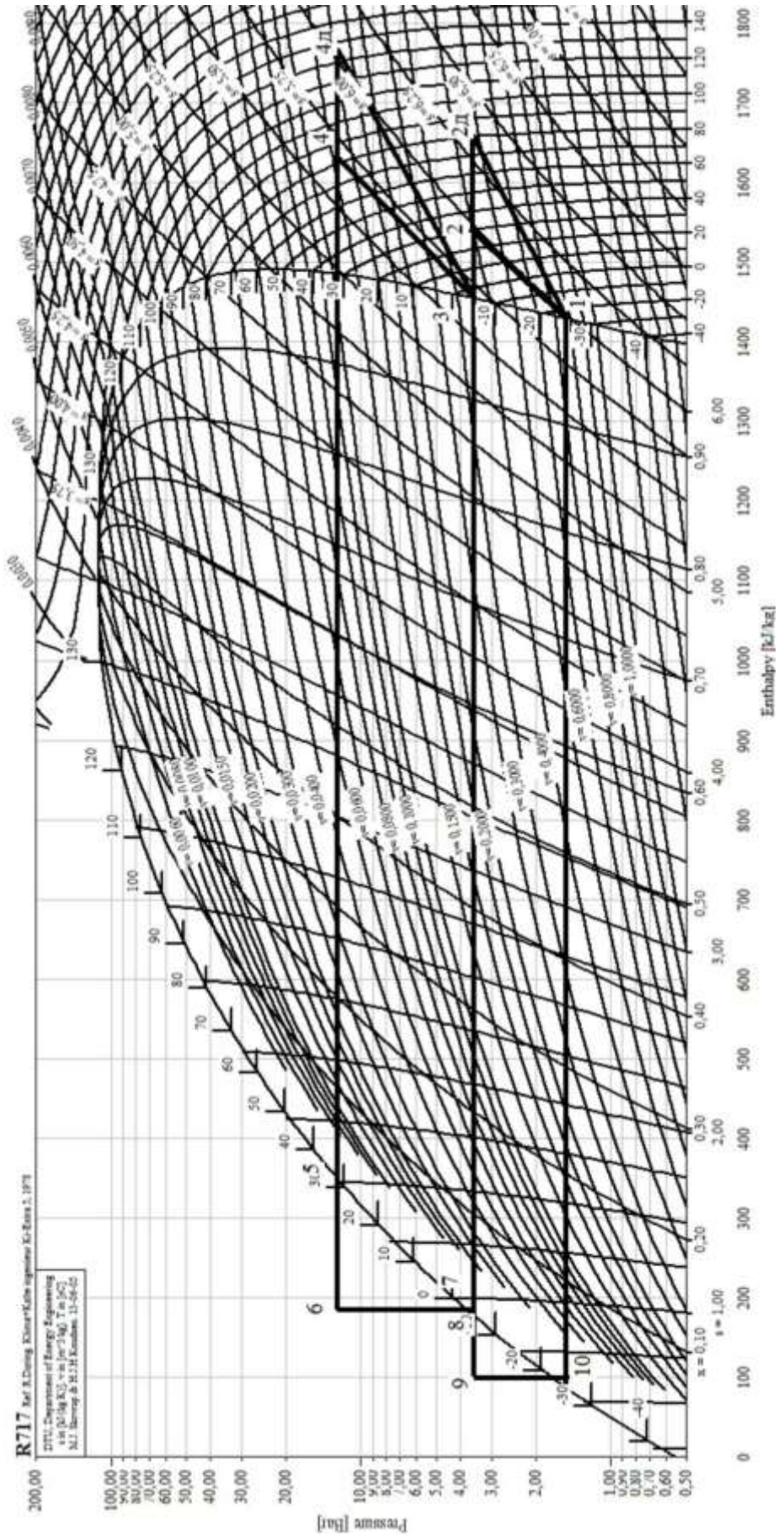
$P_{np} = 3,53 \text{ бар}$;

$P_{\kappa} = 12,4 \text{ бар}$;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.011.2022 ПЗ

Лист



Цикл холодильної установки в Igp-h діаграмі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.011.2022 ПЗ

$$h_{40} = h_4 + \frac{h_4 - h_3}{\eta_i} = 1632 + \frac{1632 - 1454}{0,874} = 1766 \text{ кДж/кг}$$

Для заданого фреону та результатів розрахунку теоретичної подачі (V_m), електричної та ефективної потужності обираємо компресор об'ємною продуктивністю $V_{км}$ більшою за обчислену на 20÷40%, що дозволить працювати обладнанню з напрацюванням робочого часу $b = 0.9 \div 0.8$.

Обрано два компресори Grasso RC 612 – сумарною об'ємна продуктивність яких:

$$\sum V_m = 2 \cdot 796 = 1592 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,442 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

4) Масова витрата при такому обладнанні:

$$\sum M_{(-5)} = \lambda \cdot \sum V_{км(-5)} / v_3 = 0,822 \cdot 0,442 / 0,35 = 1,04 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Загальна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-5)} = \sum M_{(-5)} \cdot (h_4 - h_3) = 1,04 \cdot (1632 - 1454) = 185,12 \text{ кВт};$$

7) Індикаторна потужність компресора:

$$\sum N_{i(-5)} = \sum N_{m(-5)} / \eta_i = 185,12 / 0,874 = 211,8 \text{ кВт};$$

8) Потужність на сили ковзання:

$$\sum N_{mp} = \sum V_m \cdot P_{mp} = 0,442 \cdot 60 = 26,52 \text{ кВт};$$

9) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 211,8 + 26,52 = 238,32 \text{ кВт};$$

10) Необхідна електрична потужність:

$$N_{el(-5)} = \frac{\sum N_{e(-5)}}{\eta_{el} \cdot \eta_{пер}} = \frac{238,32}{0,98 \cdot 0,77} = 315,8 \text{ кВт};$$

Компресорне обладнання Grasso RC 612 комплектуються електродвигунами потужністю $N = 132 \text{ кВт}$. Сумарна електрична потужність:

$$\sum N_{el(-5)} = 2 \cdot N = 2 \cdot 132 = 264 \text{ кВт};$$

Визначаємо основні параметри компресора другого ступеню.

1) Дійсний об'єм всмоктування:

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\partial} = M_{\text{км2}} \cdot v_1 = 0,032 \cdot 0,77 = 0,025 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2) $\lambda = 0,883;$

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_{\partial}}{\lambda} = \frac{0,025}{0,883} = 0,028 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b \cdot t_0 = 0,925 + 0,001 \cdot (-25) = 0,9$$

$$h_{2\partial} = h_2 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 1537 + \frac{1537 - 1429}{0,9} = 1657 \text{ кДж/кг}$$

Для заданого фреону та результатів розрахунку теоретичної подачі (V_m), електричної та ефективної потужності обираємо компресор об'ємною продуктивністю $V_{\text{км}}$ більшою за обчислену на 20 ÷ 40 %, що дозволить працювати обладнанню з напрацюванням робочого часу $b = 0,9 \div 0,8$.

Приймаємо до встановлення обладнання Bitzer W4HA – сумарною об'ємною продуктивністю

$$V_m = 2 \cdot 73,6 = 147,2 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,04 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

4) Масова витрата при такому обладнанні:

$$\sum M_{(-25)} = \lambda \cdot V_{\text{км}(-25)} / v_1 = 0,883 \cdot 0,04 / 0,77 = 0,046 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Загальна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-25)} = \sum M_{(-25)} \cdot (h_2 - h_1) = 0,046 \cdot (1537 - 1429) = 4,9 \text{ кВт};$$

7) Індикаторна потужність компресора:

$$\sum N_{i(-25)} = \sum N_{m(-25)} / \eta_i = 4,9 / 0,9 = 5,4 \text{ кВт};$$

8) Потужність на сили ковзання:

$$\sum N_{mp} = V_m \cdot P_{mp} = 0,037 \cdot 60 = 2,22 \text{ кВт};$$

9) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 5,4 + 2,22 = 7,62 \text{ кВт};$$

10) Необхідна електрична потужність:

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{el(-5)} = \frac{\sum N_{e(-5)}}{\eta_{el} \cdot \eta_{пер}} = \frac{7,62}{0,98 \cdot 0,77} = 10,09 \text{ кВт};$$

Компресорне обладнання Bitzer W4HA комплектуються електродвигунами потужністю $N = 22 \text{ кВт}$.

Визначаємо теплове навантаження на конденсатор в теоретичному циклі:

$$Q_k = M_{км1} \cdot (h_4 - h_5) = 0,787 \cdot (1632 - 350) = 1008,9 \text{ кВт};$$

Тоді дійсне навантаження конденсатора, відповідно:

$$Q_k = M_{км1} \cdot (h_{4o} - h_5) = 0,787 \cdot (1766 - 350) = 1114,4 \text{ кВт};$$

Середній коефіцієнт робочого часу компресора:

$$b = \frac{\sum V_T}{\sum V_{KM}} = \frac{0,335 + 0,028}{0,442 + 0,04} = 0,75$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

9. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарники, конденсатор, повітроохолодники, батареї, градирня)

Основною метою теплових розрахунків теплообмінних апаратів є визначення площі поверхні теплопередачі. Основою даних розрахунків є не що інше, як вирішення стандартного рівняння:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2$$

Визначення конденсатора

Визначаємо середнє значення температурного напору:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{(32 - 24,8) - (32 - 29,8)}{\ln \frac{(32 - 24,8)}{(32 - 29,8)}} = 4,22^{\circ}\text{C};$$

Відповідно:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1114,4 \cdot 10^3}{700 \cdot 4,22} = 379 \text{ м}^2$$

Обираємо для встановлення 2 горизонтальних конденсатори КТГ – 250 з площею поверхні $F = 2 \cdot 269 = 538 \text{ м}^2$.

Витрата води для охолодження фреону в конденсаторі:

$$V_{\omega} = \frac{Q_{\text{КД}}}{c_{\omega} \cdot \rho_{\omega} \cdot \Delta t_{\omega}} = \frac{1114,4}{4,19 \cdot 1000 \cdot (29,8 - 24,8)} = 0,0532 \text{ м}^3 / \text{с} = 53,2 \text{ л}$$

Габаритні розміри:	
Внутрішній діаметр кожуха, мм	1000
Довжина, мм	5845
Висота	1940
Діаметри патрубків:	
Парового, мм	125

00.КР.142.008.011.2022 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		.Бланк О.В.		
Перевір.		Бондар В.І.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарники, конденсатор, повітроохолодники, батареї, градирня)				
			Літ.	Лист.
			ХМ4-12ск	

Рідинного, мм	50
Маса, кг	6864
Об'єм	
Трубного простору, м ³	1,77
Між трубного простору, м ³	3,5

Підбір градирні.

Градирні підбираються по площі поперечного перерізу:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{gp}}{q_F};$$

де Q_{gp} - теплове навантаження на градирню, кВт;

q_F - питоме теплове навантаження на 1 м² поперечного перерізу насадки в градирні.

Приймаємо $q_F = 35 \text{ кВт/м}^2$;

Площа поперечного перерізу градирні визначається за формулою:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{gp}}{q_F} = \frac{1114,4}{35} = 31,8 \text{ м}^2;$$

З каталогів обираємо одну вентиляторну градирню ИВА-1 1500 (двухблочна) із такими характеристиками:

Таблиця 1

Продуктивність ккал/час	1500000
Номінальна кількість води, м ³ /год	280
Витрата повітря м ³ /год	111800
Охолодження води, С °	5-20
Вентилятор В-06300	2 x 12,5
Потужність електродвигуна	2 x 7,5 кВт 950 об /мин
Рівень шуму на відстані 3 м до градирні, ДБ	70

Габаритні розміри	
довжина	4325
ширина	2136
висота	3200
Маса без води, кг	2400

Підбір акумуляторів холоду

З графіка навантаження визначено сумарну добову потребу в холоді:

$$Q_{x.cm.}^{доб} = \sum Q_i \cdot \Delta \tau_i = 18669,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 67,2 \cdot 10^6 \text{ кДж};$$

Розрахункова холодопродуктивність станції:

$$Q_{x.cm.} = \frac{Q_{x.cm.}^{доб} - Q_{к.зб.}}{\tau_p} = \frac{18669,4 - 454}{22} = 828 \text{ кВт},$$

де $Q_{к.зб.}$ – сумарне навантаження камер зберігання;

Поверхня тепловіддачі баку-акумулятора має відповідати двом основним вимогам: бути достатньою для компенсації середньодобового теплового навантаження на холодильне обладнання при роботі напротязі 15-16 годин; кількість льоду, що намерзає на випарнику, має вистачати для компенсації піку зайвого теплового навантаження.

Перевіряємо виконання 1-ї вимоги:

$$F_{ак} = \frac{Q_{x.cm.} \cdot 10^3}{k \cdot (t_{s_{ак}} - t_0)} = \frac{828 \cdot 10^3}{100 \cdot (3 - (-5))} = 1035 \text{ м}^2$$

де $t_{s_{ак}}$ - середня температура в баці-акумуляторі;

t_0 - температура в кінці періоду заморожування.

Перевіримо виконання 2-ї вимоги:

$$Q_{ак} = (146,3 - 796,8) \cdot 2 + (2320,3 - 796,8) \cdot 2 + (2601,3 - 796,8) \cdot 2 + \\ + (2442,2 - 796,8) \cdot 2 + (644 - 796,8) \cdot 2 + (644 - 796,8) \cdot 2 + (429,4 - 796,8) \cdot 2 + \\ + (53,6 - 796,8) \cdot 2 + (53,6 - 796,8) \cdot 2 = 2803,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 10,1 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

$$F_{ак} = \frac{Q_{ак} \cdot 10^3}{\delta_n \cdot \rho_n \cdot 360} = \frac{10,1 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{45 \cdot 900 \cdot 360} = 693 \text{ м}^2$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_{ak} - необхідна теплова ємність акумулятора, кДж;

δ_l - товщина наморозеного льоду, мм;

360 – питома акумуляуюча здатність льоду, кДж/кг.

В подальший підбір використаємо максимальне значення площі тепловіддачі. Приймаємо два акумулятори холоду марки Baltimore Aircoil TSU-700D, сумарною площею теплопередач $F_{ак} = 1250 \text{ м}^2$.

Габаритні розміри, мм	
довжина	7290
ширина	3397
висота	2415
Маса, кг	13790
Потужність повітряного насосу, кВт	4
Акумулятивна здатність, кВт	2536

Підбір повітроохолоджувачів камер

1. Обладнання для встановлення в камері зберігання пастеризованого молока (пакети в ящиках, $t_{кам} = +4^\circ\text{C}$).

Площа поверхні тепловіддачі:

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{9,64 \cdot 10^3}{17,5 \cdot 10} = 55,1 \text{ м}^2;$$

Для встановлення прийнято кубічний повітроохолоджувач KUBA SGAE 101C з наступними параметрами:

Площа поверхні теплообміну, м^2	82,4
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	360
Подача повітря, $\text{м}^3/\text{с}$	2,7

А×В×С, мм	915×640×560
Діаметр вентилятора, мм	400
Об'єм труб, л	5,8
Холодопродуктивність	8,5

Перевіримо достатність проуктивності обраного агрегату.

$$V_{не} = \frac{Q_{обл}}{(\rho_{не} \cdot (h_1 - h_2))}, \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$t_{ex} = -20^\circ\text{C}, \quad h_1 = -17 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$$t_{вix} = -24.5^\circ\text{C}, \quad h_2 = -24 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$V_{не} = \frac{11,96}{1,4 \cdot (-17 - (-24.5))} = 1,13 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad V_{н.вент} > V_{не}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

холодильної установки

Підбір лінійного ресивера.

Місткість лінійного ресивера в насосно-циркуляційних схемах за умови його заповнення в обсязі 80% визначається за формулою:

$$V_{л.р.} = 0.6 \cdot (V_{ПВ.} + V_{АХ});$$

$V_B, V_{АХ}$ - відповідно внутрішній об'єм труб повітроохолодників та акумуляторів холоду;

Враховуючи підібране раніше обладнання, об'єм фреону що міститься в повітроохолоджувачах:

$$V_{ПВ} = \sum_{i=1}^i n \cdot V_i = 13,7 + 5,8 + 5,8 + 125 + 2 \cdot 5,8 = 161,9 \text{ л} = 0,16 \text{ м}^3$$

Заповнення випарників (акумуляторів холоду):

$$V_{АХ} = 2 \cdot 1,370 = 2,74 \text{ м}^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot (0,16 + 2,74) = 1,74 \text{ м}^3;$$

Враховуючи отримані дані обираємо до встановлення лінійний ресивер 2,5РД внутрішній об'єм якого $V = 2,50 \text{ м}^3$.

Підбір компактного циркуляційного ресивера для контуру камер

зберігання ($t_0 = -5^\circ\text{C}$)

Місткість циркуляційного ресивера РДВ в системах з нижнім підключенням холодильного агента в прилади охолодження визначається як:

$$V_{ц.р.} = k \cdot [V_{н.т.} + 0.2 \cdot (V_{ПВ} + V_{АХ}) + 0.3 \cdot V_{в.т.}];$$

Визначаємо внутрішній об'єм трубопроводу між циркуляційним насосом та акумулятором холоду:

$$V_{н.т.} = \frac{\pi \cdot d_{вн.}^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,069^2}{4} \cdot 8 = 0,03 \text{ м}^3$$

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>ХМ4-12ск</i>		

Визначаємо внутрішній об'єм трубопроводу між акумулятором холоду та циркуляційним ресивером:

$$V_{в.т.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,205^2}{4} \cdot 6 = 0,2 м^3$$

Визначимо внутрішній об'єм трубопроводу між циркуляційним насосом та повітроохолоджувачем:

$$V_{н.т.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,069^2}{4} \cdot 100 = 0,38 м^3$$

Визначимо внутрішній об'єм трубопроводу між повітроохолоджувачем та циркуляційним ресивером:

$$V_{в.т.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,205^2}{4} \cdot 90 = 3 м^3$$

Тоді, необхідний об'єм циркуляційного ресивера:

$$V_{ц.р.-5} = 2,7 \cdot [V_{н.т.} + 0,2 \cdot (V_{ПВ} + V_{АХ}) + 0,3 \cdot V_{в.т.}] =$$
$$= 2,7 \cdot [(0,03 + 0,38) + 0,2 \cdot (0,025 + 2,74) + 0,3 \cdot (0,2 + 3)] = 5,19 м^3;$$

Обираємо для встановлення циркуляційний ресивер 5РДВ.

***Підбір циркуляційного ресивера для контуру камер
низькотемпературних камер ($t_0 = -25^\circ\text{C}$).***

Визначимо внутрішній об'єм трубопроводу між циркуляційним насосом та повітроохолоджувачем:

$$V_{н.т.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,0148^2}{4} \cdot 80 = 0,014 м^3$$

Визначимо внутрішній об'єм трубопроводу між повітроохолоджувачем та циркуляційним ресивером:

$$V_{в.т.} = \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,082^2}{4} \cdot 70 = 0,37 м^3$$

Тоді, необхідний об'єм циркуляційного ресивера:

$$V_{ц.р.-25} = 2,7 \cdot [V_{н.т.} + 0,2 \cdot (V_{ПВ} + V_{АХ}) + 0,3 \cdot V_{в.т.}] =$$
$$= 2,7 \cdot [0,014 + 0,2 \cdot 0,13 + 0,3 \cdot 0,37] = 0,41 м^3;$$

Обираємо для встановлення циркуляційний ресивер 1,5РДВ.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбір дренажного ресивера

$$V_{a.p.} = 0,8 \cdot V_{ПВ} = 0,8 \cdot 0,125 = 0,1 \text{ м}^3;$$

Обираємо для встановлення дренажний ресивер 0,75РД.

Аміачні ресивери	Розміри, мм				Об'єм, м ³	Маса, кг
	D×S	L	d ₁	d ₂		
0,75РД	600×6	3020	32	25	0,77	340
5РД	1200×10	5370	65	32	5,58	1835

Підбір мастиловіддільників.

Відділювачі мастила обираються по діаметру газового нагнітального трубопроводу компресору та встановлюють після нього.

У поршневих компресорів Gea Grasso 612 діаметр нагнітального фреонопроводу 80 мм. Враховуючи це, біля кожного з них встановлено один відділювач мастила інерційного типу 80М.

Біля кожного з Bitzer W4HA (d_{наг}=36 мм) монтуємо відділювач 50М.

Аміачні інерційні мастиловіддільники	Розміри, мм			Об'єм, м ³	Маса, кг
	D×S	H	d ₁		
50М	257×8	1228	50	0.05	98
80М	307×9	1351	80	0.08	139

Підбір збірника мастила.

Для збору мастила обрано заправочну ємкість 60МЗС.

Розміри:

D=325, S=9, B=650, H=1280, h=890, h₁=205, h₂=925, d=260, d₁=310,

d₂=18, ємність 60 л, маса 85 кг.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Розрахунок діаметрів трубопроводів

Усі елементи холодильної установки поєднуються трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби визначають за формулою:

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

1) Трубопровід всмоктування низькотемпературних компресорів
 $t = -25^{\circ}\text{C}$.

$$M = 0,042 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_1 = 1/0,77 = 1,3 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,042}{\pi \cdot 1,3 \cdot 13}} = 0,065 \text{ м};$$

Обираємо трубу $d_y = 70 \text{ мм}$;

Трубопровід на стороні нагнітання компресорів:

$$M = 0,042 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_2 = 1/0,4 = 2,5 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,042}{\pi \cdot 2,5 \cdot 20}} = 0,033 \text{ м};$$

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

2) Трубопровід всмоктування середньотемпературних компресорів
 $t = -5^{\circ}\text{C}$.

$$M = 1,04 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_3 = 1/0,35 = 2,86 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,04}{\pi \cdot 2,86 \cdot 13}} = 0,189 \text{ м};$$

Обираємо трубу $d_y = 200 \text{ мм}$;

Трубопровід на стороні нагнітання компресорів:

$$M = 1,04 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_4 = 1/0,13 = 7,69 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,04}{\pi \cdot 7,69 \cdot 20}} = 0,093 \text{ м};$$

					<i>00.KP.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Розрахунок діаметрів трубопроводів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<i>ХМ4-12ск</i>		

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

3) Магістральні трубопроводи для рідкого холодоагента від циркуляційного насоса до охолоджувача ($t_0 = -5^\circ\text{C}$).

Допустима швидкість на напірній лінії повинна лежить в межах $\omega = 0.3 \div 0.5 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0.5 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,04}{\pi \cdot 559 \cdot 0,5}} = 0,068 \text{ м};$$

Обираємо до встановлення трубопровід з $d_y = 70 \text{ мм}$.

Допустима швидкість на зворотній лінії лежить в межах $\omega = 0.6 \div 1.2 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 1.2 \text{ м/с}$.

Площа поперечного перерізу:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,04}{\pi \cdot 26,5 \cdot 1,2}} = 0,204 \text{ м};$$

Обираємо до встановлення трубопровід з $d_y = 200 \text{ мм}$.

4) Рідинна лінія від циркуляційного насоса до повітроохолодника ($t_0 = -25^\circ\text{C}$).

Допустима швидкість на напірній лінії знаходиться в межах $\omega = 0.3 \div 0.5 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0.5 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,042}{\pi \cdot 500 \cdot 0,5}} = 0,015 \text{ м};$$

Обираємо до встановлення трубопровід з $d_y = 16 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0.6 \div 1.2 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 1.2 \text{ м/с}$.

Площа поперечного перерізу:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,042}{\pi \cdot 7,69 \cdot 1,2}} = 0,076 \text{ м};$$

Обираємо до встановлення трубопровід з $d_y = 80 \text{ мм}$.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.

Причиною гідравлічного розрахунку є необхідність виявлення втрати напору та тиску ΔP , через сили тертя по внутрішнім поверхням труб та внутрішніх поверхнях теплообмінних апаратів. Розраховані значення ΔP потрібні для підбору потужності насосного обладнання і вибору типів обладнання для оптимальних умов роботи. Занадто високий рівень опору викликає зниження тиску всмоктування а в нагнітальних рідинних трубопроводах може викликати вскипання холодильного агента що викликає втрату продуктивності агрегатів. В схемах з циркуляційним насосом даний параметр портібен для визначення основних розмірів магістральних трубопроводів для оптимального розподілення холодоагента між споживачами та вибору оптимальної потужності насосного обладнання.

Сумарний опір від тертя при проходженні однорідної речовини в трубопроводах або агрегатах визначається як сума втрат на тертя ($\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$), втрат через місцеві супротиви ($\Delta P_{м}^{\partial\phi}$), втрат через прискорення потоку на звуженнях ($\Delta P_{н}^{\partial\phi}$) і зміни напору через вплив статичного сил стовпа рідини ($\Delta P_{ст}^{\partial\phi}$).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_{м}^{\partial\phi} + \Delta P_{н}^{\partial\phi} + \Delta P_{ст}^{\partial\phi} .$$

Під час визначення гідравлічного опору потрібно брати до уваги режим течії рідини й пари в магістралях. Доцільно застосувати особливості монтажу для створення сапостікаючих та насосно-циркуляційних холодильних систем.

Транспортування рідини за температури насичення викликає низку проблем, таких як: необхідність нівелювання та компенсації розрідження перед насосом, втрати напору з боку розрідження, кавітаційні сили.

					<i>00.KP.142.008.011.2022 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>ХМ4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах</i>		

13. Вибір насосів

Визначення та підбір аміачних насосів

В системах з циркуляційними насосами та холодоносієм R717 застосовують насоси з герметичним корпусом. Їх встановлюють прямо під циркуляційними ресивером щоб мати підпір за рахунок сил статичного рівня рідини.

Основними параметрами для підбору обладнання є продуктивність в m^3 / c та напір що створює насос в Па.

Необхідний напір насоса визначається з урахуванням гідравлічних втрат в системі, а саме $H = \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \cdot g}$; (м);

Необхідна витрати холодоносія в системі

$$V = n_u \cdot \frac{\sum M_{км}}{\rho};$$

де, n_u - кратність циркуляції ;

$$n_u = 6$$

1. Для споживачів та камер зберігання з температурою $-25^{\circ}C$.

$$H = \frac{30000}{500 \cdot 9,81} = 6,12 м;$$

$$V = n_u \cdot \frac{\sum M_{км(-25)}}{\rho_{-25}} = 6 \cdot \frac{0,046}{500} = 0,00055 m^3 / c = 1,98 m^3 / год$$

Обираємо до встановлення 2 насоси (робочий та резервний) марки ЦНГ 70М-1.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бланк О.В.			Вибір насосів	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						ХМ4-12ск		

2. Для споживачів та камер зберігання з температурою -5°C .

$$H = \frac{7398}{559 \cdot 9,81} = 1,34 \text{ м};$$

$$V = n_{\text{ч}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-5)}}{\rho_{-5}} = 6 \cdot \frac{0,753}{559} = 0,008 \text{ м}^3 / \text{с} = 28,8 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Обираємо до встановлення 2 насоси (робочий та резервний) марки ЦНГ 68.

Підбір насосу оборотної води

Враховуючи попередні характеристики підібраних конденсаторів та градирні виявлено необхідні параметри для циркуляційних насосів системи оборотного водопостачання $V=191,5 \text{ м}^3/\text{год}=53,2 \text{ л/с}$ з мінімальним напором $H=7,3 \text{ м}$.

Для можливості плавного регулювання та захисту обладнання обираємо дві групи по два насоси встановлених паралельно.

При такому варіанті підключення мінімальна продуктивність кожного насосу повинна складати не менше 65% від загальної витрати для можливості 50% резервування та можливість керування продуктивністю.

Враховуючи це, витрата кожного насосу $V=0,65 \cdot 26,6=17,29 \text{ л/с}$

Обираємо до встановлення насоси відцентрового типу з мокрим ротором К 90/20а з параметрами:

Частота обертання, хв^{-1}	3600
Подача, л/с	17,5
Напір, м	32,7
КПД, %	74
Потужність електродвигуна, кВт	10

Для можливості підтримки постійного перепаду тиску та економії затрат електроенергії до кожного насосу передбачене підключення частотних регуляторів.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Техніко-економічні показники

Для визначення собівартості системи холоду необхідно розрахувати суму коштів за спожиті: електроенергію, мастило, холодильний агент R717, заробітну плату робітників, амортизацію та інші витрати, які віднімаються від вартості основного обладнання.

14.1. Розрахункове споживання електричної енергії обладнанням холодильної станції та системи камер зводимо в загальну таблицю 14.1

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 6480 год.

$P_{\text{ел}}$ – електрична потужність компресора, насоса, вентилятора тощо.

Таблиця 14.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	$P_{\text{ел}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ел}}$, кВт	Рік, тис. кВт·год
1	Компресор Bitzer W4HA	2	22	44	285
2	Компресор Grasso RC 612	2	132	264	1711
3	Градирня ИВА-1 1500	1	2×7,5	15	97,2
4	Повітроохолоджувач кубічний KUBA SGAE 101C	1	0,36	0,36	2,3
5	Повітроохолоджувач кубічний Goedhart VRB-616010	4	0,1	0,4	2,6
6	Повітроохолоджувач кубічний KUBA SGLE 80-N63 A	1	3×1,48	4,44	28,8
7	Насос ЦНГ 70М-1	2	2,8	5,6	36,3
8	Насос ЦНГ 68	2	5,5	11	71,3
9	Насос K90/20a	2	10	20	129,6
Річна витрата електроенергії					2364,1

14.2 Розраховуємо затрати на придбання та монтаж обладнання і заносимо результати в табл. 14.2

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бланк О.В.			Техніко-економічні показники	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.						<i>ХМ4-12ск</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

$$V_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел}$$

$$V_{ел.р} = 2364100 \text{ кВтг} \cdot 3,2 \text{ грн/кВтг} = 7565,12 \text{ тис. грн.}$$

14.3 Компресорне мастило ХА-30 коштує 250 грн. за 1л. Згідно розрахунків необхідно 100л: $250 \cdot 100 = 25 \text{ тис.грн}$

14.4 R717 коштує 68 грн. за 1кг. Згідно проекту необхідно 8000 кг і це коштує $8000 \cdot 68 = 544 \text{ тис.грн}$

14.5 Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 14.3

Таблиця 12.3

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Машиніст ХУ	42	8	120000	1440000
2	Слюсар-ремонтник	65	2	26000	312000
	Разом		10	146000	1752000

14.6 Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

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

$$A_{обл} = 6041,9 \times 0,22 = 1329,22 \text{ тис. грн}$$

14.7 Визначення інших видів витрат

До інших витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати, які розраховуються як окремі статті.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 20% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$V_{рем} = A_{обл} \times 0,20$$

$$V_{рем} = 1329,22 \times 0,20 = 265,84 \text{ тис. грн}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{\text{пуск}} = B_{\text{обл}} \times 0,02$$

$$B_{\text{пуск}} = 6041,9 \times 0,02 = 120,84 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{\text{ін}} = A_{\text{обл}} \times 0,03$$

$$B_{\text{ін}} = 1329,22 \times 0,03 = 39,88 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = B_{\text{рем}} + B_{\text{пуск}} + B_{\text{ін}}$$

$$\Sigma B = 265,84 + 120,84 + 39,88 = 426,56 \text{ тис. грн}$$

12.8 Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених у попередніх розділах зводимо у порівняльну таблицю собівартості енергії:

Таблиця 12.4

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	Проект
Електроенергія	7565,12
Мастило	25
Холодильний агент R717	544
Оплата праці	1752
Амортизація	1329,22
Інші витрати	426,56
Разом	11641,9

Кількість виробленого холоду за рік:

$$22 \cdot 270 \cdot (796,8 + 34,2) = 4936,1 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

Собівартість холоду:

$$\Delta C = \frac{11641,9 \text{ тис. грн}}{4936,1 \text{ МВт} \times \text{год}} = 2,36 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \times \text{год}}$$

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Охорона праці

Вступ

Розробляється «Проект холодильної установки молокозаводу продуктивністю 350 т/добу у м. Львів».

На підприємстві використовують сучасне технологічне обладнання з системою автоматичного керування та захисту, що дозволяє мінімізувати вплив людського фактору у виникненні надзвичайних ситуацій та покращити умови праці.

Установка найновітнішого обладнання в холодильній станції з комп'ютеризованою системою керування та сигналізації, спрощує роботу машиністів, що в свою чергу дозволяє зменшити кількість обслуговуючого персоналу.

На виробництві присутні негативні та шкідливі фактори, які погіршують роботу персоналу.

Шкідливі виробничі фактори:

- недостатній рівень освітленості робочої зони;
- шум та вібраційні хвилі від працюючого обладнання;
- загазованість повітря;

Небезпечні виробничі фактори:

- незахищені рухомі елементи обладнання;
- посудини та ємності під тиском;
- високий рівень електричної напруги підведеної до обладнання;
- статична електрика, атмосферна електрика.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>ХМ4-12ск</i>		

Техніка безпеки

Безпечна експлуатація технологічного устаткування

Машини, устаткування, інструменти і пристосування мають відповідати вимогам державних стандартів „Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки” (ГОСТ 12.2.003-91)

Колективні засоби захисту поділяються на: огорожувальні (для запобігання випадкового потрапляння людини в небезпечну зону), запобіжні (для автоматичного відключення машин і устаткування при відхиленні від нормального режиму роботи), пристрої автоматичного контролю і сигналізації (для вимірювання тиску, температури, статичних і динамічних навантажень та сигналізації у разі відхилень від норми чи аварій), знаки безпеки (сигнальні кольори, відповідні щити та ін.).

Оскільки більшість обладнання на підприємстві працює під тиском, на ньому встановлені манометри та автоматичні клапани скидання тиску, система автоматичного відключення установки та автоматичного включення вентиляції.

Безпечна експлуатація електроустановок

Електрообладнання компресорного цеху відповідають вимогам ПВЕ «Правила влаштування електроустановок», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Електробезопасность. 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:

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Недоступність струмопровідних частин від випадкового дотикання, блокування (захисні огороження, безпечне розміщення струмопровідних частин, наявність знаків безпеки).
2. Надійна ізоляція (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках становить 1,2 МОм).
3. Заземлення електричного обладнання.
4. Організаційні методи (регулярний медичний огляд, інструктаж, перевірка інструментів, контроль при виконанні робіт, наряд допуску перед роботами).
5. Застосування низьких напруг (згідно ПВЕ передбачене використання напруги 12 В).
6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.
7. 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”.

Пожежо- та вибухобезпека

Основними причинами пожеж є порушення правил техніки безпеки, можливий вихід з ладу технологічного обладнання, перегрівання корпусів апаратів. Оскільки застосовується аміак (безбарвний газ з різким характерним запахом), то при певній його концентрації, яка більше ГДК (ГДК = 20 мг/м³), можливий вибух.

Для запобігання перегріву, встановлюються захисні реле з термодатчиками. Встановлена система термоконтролерів та димоаналізаторів. При виявленні диму вмикається система оповіщення і система автоматичних зупинки холодильної установки.

Приміщення машинних і апаратних відділень по вибухопожежній небезпеки відносяться до категорії Б (клас вибухонебезпечності В-16). Їх розміщують, як правило, в одноповерхових будівлях, прибудованих до

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

корпусу холодильника або виробничої будівлі, в якому розміщені споживачі холоду. Огороджувальні конструкції приміщень повинні мати легко-скидні елементи (вікна, засклені звичайним склом; двері, ворота та ін), які у разі вибуху видаляються вибуховою хвилею. Загальна площа цих елементів приймається з розрахунку не менше 0,03 м² на 1 м³ об'єму приміщення. Машинні та апаратні відділення можуть бути вбудовані в контур холодильника або одноповерхового виробничої будівлі, від приміщень яких їх відокремлюють капітальними стінами, що не мають дверних я віконних прорізів.

Для захисту від пожежі встановлені пожежні щити з засобами первинного пожежогасіння (вогнегасник, пісок і т.д.), автоматична система пожежогасіння та система протипожежного водопостачання (вода з центральної системи водопостачання насосами подається на спеціальні крани для підвищення тиску та напору води).

Оскільки вибух недопустимий, то, при виявленні пожежі, автоматично визивається пожежна бригада.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробнича санітарія

Загальні вимоги до виробничого приміщення

При розміщенні холодильного обладнання прагнуть забезпечити: зручність монтажу, обслуговування та ремонту установки та її елементів; компактність розташування обладнання, що дозволяє скоротити площу для його установки і протяжність трубопроводів; можливість реконструкції та розширення без тривалої зупинки устаткування; дотримання вимог техніки безпеки та протипожежного захисту.

В машинному відділенні передбачають не менше двох виходів, один з яких - безпосередньо назовні (через тамбур для середньої і північної смуги). виходи розташовують на максимально можливій відстані один від одного.

Двері машинного і апаратного відділень повинні відкриватися в бік виходу.

Машини та апарати, що вимагають огляду і постійного обслуговування на висоті більше 1,8 м, обладнують спеціальними майданчиками і сходами. Майданчики і сходи обгороджують поручнями висотою не менше 1,0 м. При довжині майданчика більше 6 м сходи розташовують на обох її кінцях.

На підприємстві встановлені аміачні поршневі обладнані відповідними технологічними площадками.

Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99. "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" в ПУ повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт легка-Ia, що приведені в табл. 1, а в машинному відділенні – допустимі параметри для категорій робіт середньої важкості-IIa – табл. 2.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1. Санітарні норми мікроклімату ПУ

Період року	Температура повітря, °С	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	$\leq 0,1$

Таблиця 2. Санітарні норми мікроклімату машинного відділення

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Верхня межа	Нижня межа		
Холодний ($t_3 < 10^{\circ}\text{C}$)	24	15	≤ 75	$\leq 0,3$
Теплий ($t_3 \geq 10^{\circ}\text{C}$)	29	17	65 (при 26°C)	0,2-0,4

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 крати, витяжка – 3 крати. Повітря видаляється в атмосферу без очищення. Побутові приміщення при машинному відділенні мають окрему від машинного відділення систему вентиляції.

Виробничі випромінювання

Теплові апарати, які використовуються на підприємствах, є джерелами інфрачервоного випромінювання. За фізичною природою інфрачервоне випромінювання являє собою електромагнітні хвилі та потік квантових фотонів.

Ефект дії інфрачервоного випромінювання на людину залежить від довжини хвилі.

- **короткохвильове інфрачервоне випромінювання** з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4 мкм має більшу здатність проникати через шкіру;

- **довгохвильове інфрачервоне випромінювання** з більшою довжиною хвилі поглинається в основному в епідермісі;

- **видиме** – кров'ю у шарах дерми та підшкірною жировою клітковиною.

Поглинання інфрачервоних променів різними шарами шкіри призводить до їх нагрівання. Внаслідок цього можливе порушення теплового балансу організму людини. Інфрачервоне випромінювання негативно впливає на функціональний стан центральної нервової системи, виникають зміни у серцево-судинній системі.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, інтенсивність теплового опромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсталяції на постійних і не постійних робочих місцях не повинна перевищувати:

35 Вт/м² у разі опромінювання 50 % поверхні тіла і більше;

70 Вт/м² – якщо величина опромінювання від 20 до 50 %;

100 Вт/м² – коли опромінюється більше 25 % його поверхні.

За наявності теплового опромінювання температура повітря:

на постійних робочих місцях не повинна перевищувати вказані в ГОСТ 12.1.005-88 верхні межі оптимальних значень для теплового періоду року (20 - 25°C – залежно від важкості виконуваної роботи);

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на постійних робочих місцях – верхні межі допустимих значень для постійних робочих місць (19 - 28°C – залежно від періоду року та важкості виконуваної роботи).

Для виключення теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування чи огорожувальних пристроїв повинна бути не більше 45°C.

Вимірювання інтенсивності теплового випромінювання проводять актинометри.

Для запобігання шкідливій дії ІЧВ передбачаються такі заходи: зниження інтенсивності випромінювання і зміна його спектрального складу, екранування, раціональний одяг, захисні окуляри.

Шум та вібрація на виробництві

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 78...82дБ, в ПУ—50...55 дБ.

Для зниження шуму в ПУ застосовують додаткову звукоізоляцію стін.

Загальна технологічна вібрація не перевищує гранично допустимого значення — 92 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 спеціальних фундаментних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі машинного відділення. 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;

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

трубопроводи, що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

Освітлення виробничого приміщення

Недостатнє або неправильне освітлення робочих місць і зон, сліпуче дію джерел світла, різкі тіні від предметів і устаткування призводять до передчасного стомлення та зростання травматизму. Освітлення може бути природним, штучним або змішаним, поєднує природне і штучне.

Розрізняють три види природного освітлення: бічне (через вікна у зовнішніх стінах), верхнє (через світлові ліхтарі та отвори покриттів) і комбіноване (через вікна, ліхтарі і прорізи). Для природного освітлення нормується значення коефіцієнта природної освітленості (КПО).

Системи штучного освітлення можуть бути загальними або комбінованими.

Основні види штучного освітлення - робоче, аварійне і евакуаційне.

Мінімальна освітленість робочих поверхонь приміщень і території підприємств повинна становити не менше 5% освітленості, нормованої для загального робочого освітлення, але не менше 2 лк всередині будівель та 1 лк для території підприємств.

Освітленість на робочих місцях перевіряють люксометром Ю-16 не рідше одного разу на рік.

Для штучного освітлення використовують лампи розжарювання (аварійне освітлення) і газорозрядні лампи (робоче, загальне освітлення).

Для місцевого освітлення використовують світильники з відбивачами, що мають захисний кут не менше 30°, а при розташуванні світильника нижче рівня очей працюючого - не менше 10°.

Передбачається встановлення евакуаційного освітлення.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаної літератури

1. Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.
2. Сакун И.А. «Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин» - Л.: Машиностроение, 1987 – 423с.
3. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / под ред. Н.Н. Кошкина Л.: Машиностроение, 1976 – 464 с.
4. Холодильные компрессоры: Справочник / под ред. Быкрва. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 – 224с.
5. Константинов М.И. Проектирование холодильных машин и установок
6. Вейнберг Б.С. Поршневые компрессоры холодильных машин. М.: Машиностроение, 1965 – 355с.
7. Данилова Г.Н., Богданов С.Н. и др.; под общей ред. Д-ра техн. Наук Г.Н. Даниловой «Теплообменные аппараты холодильных установок – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1986 – 303 с.
8. Резенфельд Л.М. и Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госториздат, 1960.
9. Тимофеевский Л.С. Холодильные машины – СПб.: Политехника, 1997 – 992с.
10. Чумак И.Г. и др. Холодильные установки – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981 – 344с.

					00.КР.142.008.011.2022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Додатки

Додаток 1. Технічні характеристики технологічного обладнання

1.1 Охолодник А1 – ООЛ – 25

Параметр		Од. вимір	Модельний ряд			
			А1-ООЛ-3	А1-ООЛ-5	А1-ООЛ-25	001-У10
Продуктивність		л/год	3 000	5 000	25 000	10 000
Температура	молока на вході в апарат	°С	30...35	30...35	20	20
	охолодженого молока		2...6	2...6	2...6 (12 хол. вода)	2...6 (12 хол. вода)
	Льодяної води		0...1	0...1	0...1	0...1
Холодоносії			Льодяна вода		Льодяна і холодна вода	
Споживання холоду		кВт*год	98	163	446	
Теплообмінні пластини			Сітчасто-поточні			П1
Поверхня теплообміну одної пластини		м ²	0,15		0,2	0,15
Число пластин		шт.	38	62	128	91
Робочий тиск		кПа	250	250	310	300
Займана площа		м ²	0,36	0,42	1,33	10
Габаритні розміри		мм	900х400х900	970х400х900	1900х700х1450	1600х700х1400
Маса		кг	190	230	840	520

1.2 Сепаратор ОСЦП – 15

1. продуктивність до 15000 л/год.
2. Частота обертання барабану 5580 об/хв.
3. Жирність вершків до 90 %.
4. Тиск на вході МПа: знежиреного молока 0,1-0,5; вершків 0,1-0,5.

					<i>00.КР.142.008.011.2022 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бланк О.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Додатки</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>ХМ4-12ск</i>		

Температура подачі молока на сепаратор, °С	42-45				
Температура гомогенізації молока, °С	63-65				
Температура пастеризації, °С	78-80; 90-95 (опція)				
Час витримки молока, сек	25				
Температура молока на виході з установки, °С	4-6				
Холодоносій	льодяна вода				
Кратність подачі	3				
Початкова температура холодоносія, °С	0-2				
Теплоносій первинний	пара				
Тиск пари в магістралі перед установкою, кПа	400				
Потужність електродвигунів, кВт	5	7	7	15	25
Витрата пари, кг/год	85	114	227	185	364
Маса установки, кг	2000	2500	2800	3300	4500

1.5 Пастеризатор П8 – ОЛФ – 3

Модель	<u>Т1-ОУТ-М</u>	<u>П8-ОЛФ-3</u>	<u>П8-ОУП-2,51,5</u>	<u>П8-ОУП-52,5</u>
продуктивність по молоку (вершкам) , л/год	10 000	(2 700)	2 500 (1 500)	5 000 (2 500)
Витрата пари, кг/год	1 500	400	370 (240)	740 (390)
Температурні режими в установці, С	10-90 (110)	85-96	80-90(85-95)	80-90(85-95)
Витрата електроенергії, кВт/год	2,5	2,2	1,7	2,3
Габаритні розміри, мм	1500x1250x2300	1500x950x1620	1640x1360x1400	1500x1400x1500
Маса установки, кг	630	400	300	340
Виконання системи автоматики	пневмоелектричне			

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

