



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“31” березня 2022 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сімороз Вадим Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильного господарства маслозаводу продуктивністю 25 т/добу готової продукції у м.Дніпропетровськ

керівник роботи к.т.н., Мирошник М.М.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31.03.2022р. №167-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2022 року

3. Вихідні дані до роботи передбачити камери зберігання сировини(охолодженої, замороженої), холодоагент R40, теплоізоляційні конструкції сендвіч-панелі на основі пінополіуретана

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції;

Розрахунок камери заморожування вершкового масла;

Розрахунок техніко-економічних показників;

Розділ охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема Холодильної установки (А1)

2. План та розріз будівлі холодильника (А1)



## Анотація

У кваліфікаційній роботі було розроблено та спроектовано холодильник для короткочасного зберігання та виготовлення продукції, а саме: масло, сметана, сухе знежирене молоко (СОМ), пастеризоване молоко в пакетах. В проекті розроблено: холодильну схему та виконано підбір необхідного холодильного обладнання для експлуатації даного холодильника. Даний проект розроблений з метою максимальної енерго-ефективності при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах. Також в проекті здійснено повний розрахунок та опис технології та холодопостачання під час зберігання та виготовлення продукції, а також приведений детальний підбір основного та допоміжного обладнання.

Також в проекті присутній економічний розрахунок, метою якого є визначення вартості будівництва, вартості холодильного обладнання, витрат за електроенергію, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, та визначення амортизаційних відрахувань.

Диплом містить такі розділи: “Техніко-економічне обґрунтування”, “Розрахунок камери заморожування вершкового масла”, “Розрахунок ізоляції”, “Розрахунок тепло надходжень”, “Визначення навантажень на обладнання”, “Розрахунок і підбір компресорів”, “Вибір тепломасообмінних апаратів”, “Вибір допоміжного обладнання”, “Розрахунок насосів та трубопроводів”, “Розрахунок техніко-економічних показників”, “Охорона праці”, “Графічна частина”.

Проект виконаний на ПК, для розрахунків використовувалися такі прикладні програми: “Microsoft Office 2007” та “Mathcad 15”, креслення та схеми виконані за допомогою програми “AutoCAD 2017”

**Ключові слова:** молоко, вершки, “льодяна вода”, R404a, охолодження, пластинчастий охолодник.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сімороз В.О.			Анотація	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						ХМ-4-12ск		

## Зміст

1.	Техніко-економічне обґрунтування.....
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 структури системи охолодження та типу холодильної установки.....
9.	Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.....
10.	Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів.....
11.	Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки.....
12.	Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів .....
13.	Розрахунок техніко-економічних показників.....
14.	Охорона праці.....
	Список використаної літератури.....

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сімороз В.О.</i>			<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>						<b>ХМ-4-12ск</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

## 1. Техніко-економічне обґрунтування

Тема дипломного проекту «Проект холодильного господарства маслозаводу продуктивністю 25т/добу готової продукції у м. Дніпропетровськ».

Будівництво маслозаводу в обласному центрі дозволяє уникнути зайвих логістичних витрат, що позитивно відображається на вихідній ціні пропонованої споживачу продукції та дозволяє конкурувати з імпортними аналогами у регіоні.

На підприємстві для отримання штучного холоду використовується безнасосна схема подачі холодоагенту, як одна з найефективніших та надійніших порівняно з подібними схемами, що працюють на фреоні. Схему охолодження обрано як з безпосереднім охолодженням, так і з проміжним теплоносієм. Це дозволяє з одного боку зменшити капітальні затрати в порівнянні з використанням проміжного теплоносія, а з іншого – для безпечної обробки продукції при використанні проміжного носія (води).

У якості теплообмінного обладнання для камер холодильника обрані повітроохолодники. Це дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже інтенсифікувати процес заморожування та охолодження продукції.

У якості конденсатора обрано водяний кожухотрубний теплообмінник, що дає змогу заощадити на електроенергії та капітальних затратах, а також знизити тиск конденсації в літній час.

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Сімороз В.О.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<b>ХМ-4-12ск</b>		

## 2. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Продукція, яку плануємо виробляти на підприємстві – масло, сметана, сухе знежирене молоко (СОМ), пастеризоване молоко в пакетах.

Під час надходження молока на підприємство його жирність становить 3,6 %. Далі молоко охолоджують за допомогою пластинчастих охолодників А1 – ООЛ – 5 (додаток 1.1) та сепарують, застосовуючи сепаратор ОСЦП – 5 (додаток 1.2) до заданої жирності вершків 73 %.

Маса вершків із жирністю 73 % з отриманої кількості молока становить 1,223 т, а маса обрату із жирністю 0,03 % становить 23,777 т. Оскільки раніше ми прийняли продукти: масло (жирність 73 %), сметана (21%), молоко (жирність 2,6 %), СОМ (жирність 0,03%), то потрібно розподілити вершки та обрат на виготовлення інших продуктів. Відповідно, на виробництво пастеризованого молока беремо 0,323 т 73 %-вих вершків і 8,848 т 0,03 %-вого обрату, після змішування отримуємо 9,171 т 2,6 %-вого молока. Аналогічно, на виробництво сметани беремо 0,15 т – 73 %-них вершків і 0,372 т – 0,03 %-ного обрату і отримуємо 0,522 т готової сметани. На виробництво масла залишаємо 0,75 т 73 %-вих вершків. На СОМ залишається 14,557 т 0,03 %-вого обрату. Готового продукту отримуємо 0,809 кг.

Приймаємо терміни перебування продукції на підприємстві:

Молоко - 1 добу при температурі 4°C;

Сметана - 1 добу при температурі 4°C;

Масло - до 10 діб при температурі -20°C;

СОМ перебуває до 20 діб при температурі 4°C.

Відповідно до обраних термінів приймаю місткості камер зберігання:

Для молока: 9,171 тонн (9,171 тонн/добу і термін зберігання 1 доба);

Для масла: 7,5 тонн (0,75тонн/добу і термін зберігання 10діб);

Для сметани: 0,522 тонн ( 0,522 тонн/добу і термін зберігання 1 доба);

Для СОМ: 16,18 тонн (0,809 тонн/добу і термін зберігання 20 діб).

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сімороз В.О.</i>			<i>Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>						ХМ-4-12ск		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Для початку молоко очищують, а вже потім охолоджують у пластинчастому теплообміннику. Бактерії у молоці можуть потрапити з вим'я тварини, з рук людини, з повітря, посуду і так далі. Для зростання, розвитку мікроорганізмів оптимальною є температура 25 - 40 °С.

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

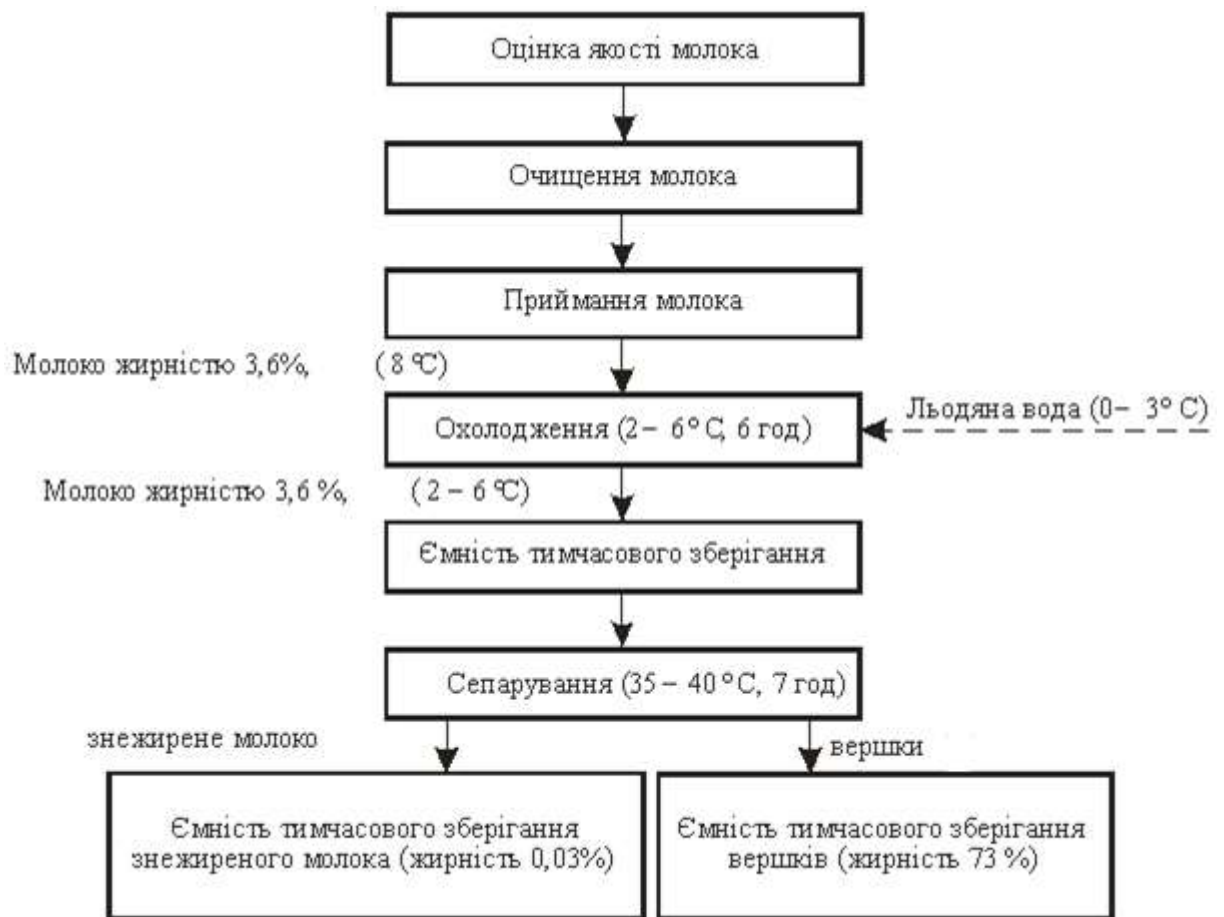
При охолодженні молочних продуктів основним параметром є тривалість охолодження. Пластинчастий охолоджувач охолоджує молоко в закритому потоці. При використанні крижаної води, як холодоносія, кратністю не менше 3-х, молоко охолоджується за 1 прохід через апарат до температури, яка є не вищою за температуру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

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

## 2.1. Цех приймання молока

Під час приймання молока його пропускають крізь фільтр, а вже потім — через насос, повітровідокремлювач та лічильник у резервуар проміжного зберігання. Молоко, яке призначене для сепарування, підігрівають до температури 40 – 50°С.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
МН.			Підпис	Дата		



*Рис. 1 Принципова технологічна схема цеху приймання молока*

Після сепарування знежирене молоко та вершки збирають у баки зберігання та подають на подальшу технологічну обробку.

## 2.2. Цех виготовлення масла

Для виготовлення масла застосовують потокову лінію ОЛФ (додаток 1.3)

Після процесу пастеризації вершки максимально швидко охолоджують до температури, нижчої за точку затвердіння молочного жиру та витримують деякий час. Таке витримання називають фізичним визріванням вершків, яке означає затвердіння молочного жиру та фізико-хімічні зміни оболонки жирових кульок. Його метою є переведення деякої кількості рідкого жиру у твердий стан. Тільки за наявності у вершках затверділого жиру можна під час збивання одержати масляне зерно, забезпечити добру консистенцію вершкового масла та нормальний відхід жиру у маслянку.

Ступінь грудкування жиру у дозрілих вершках у двічі більший, ніж в охолоджених, але недозрілих.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При фізичному визріванні зростає в'язкість вершків у результаті утворення жирових накопичень і гідратації білків молока.

Другою стадією є руйнування піни. При збивання вершків швидко зменшується кількість неспінених вершків та вільного повітря, внаслідок чого різко зменшується кількість пухирців, які утворюються за одиницю часу. Через деякий час після початку збивання кількість пухирців, які утворюються за одиницю часу, буде меншою, ніж кількість таких, що руйнуються. Виходячи з цього загальний об'єм спінених вершків після досягнення ними деякого максимального об'єму починає зменшуватись і настає друга стадія збивання вершків. Вона закінчується руйнуванням піни і утворенням дрібних грудочок жиру із жирових кульок, що злиплися, — так званого макового зерна.

Третя стадія – утворення масляного зерна. Окремі дрібні грудочки жиру в результаті багаторазового їх стикання одна з одною злипаються в більші, в результаті чого утворюється масляне зерно. Залежно від умов збивання зерна мають різні розміри і форму з гладенькою або шорсткою поверхнею.

Закінчивши збивання, із масловичого посуду видаляють маслянку, а масляне зерно двічі промивають водою. Для цього у масловичому посуді наливають чисту воду на 40 – 50% об'єму вершків. Воду для промивання залишають у масловичому посуді 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 та консервує його, припиняючи або сповільнюючи розвиток мікроорганізмів. Повне припинення розвитку мікрофлори спостерігається за концентрації солі в плазмі масла 27%, що відповідає вмісту в продукті при 15% вологи 4% солі. Проте за такої концентрації вміст солі в маслі перевищить норму та досягне 2,5%.

Правильне упакування має важливе значення для зберігання якості масла та запобігання його зацвітанню або пліснявінню. Якість упакування залежить

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від умілої підготовки тари, пергаменту та набивання масла. Масло упаковують в ящики масою нетто 24,0 або 20,0 кг. Якість упаковування враховують при оцінці масла під час його експертизи. Масло упаковують в ящики, а для роздрібної торгівлі часто розфасовують у вигляді брикетів (від 100 до 500 г) та загортають у пергаментний папір. 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.

#### Зберігання масла

Масло після упакування треба негайно охолодити до  $-4...-5^{\circ}\text{C}$ , 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  $4 - 5^{\circ}\text{C}$  упродовж не більш як 3 діб.

### **2.3. Цех виготовлення пастеризованого молока**

Молоко насосом спрямовують у резервуар для нормалізації за вмістом жиру. Нормалізована суміш через насос потрапляє у вирівнювальний бак, а вже потім — у пластинчастий теплообмінник ОГМ – 3 (додаток 1.4), де пастеризується за температури  $74 - 76^{\circ}\text{C}$ , витримується протягом 15 – 20 с або  $85^{\circ}\text{C}$  без витримування, або  $65^{\circ}\text{C}$  з витримування 30 хв і охолоджується до  $6^{\circ}\text{C}$  та спрямовується на розливання фасування.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







значний вплив на тривалість квашення і якість отриманого згустку.

При новому способі виробництва сметани нормалізовані за змістом жиру зливання підігривають 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 температурі 93...95°С, що забезпечує високу бактерійну чистоту, отже, і високу стійкість сметани, а також покращує гідратаційні властивості казеїну, що визначають щільність (консистенцію) готового продукту. Пастеризовані вершки піддаються двоступінчастому 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 год. 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 вдесятеро, 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.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

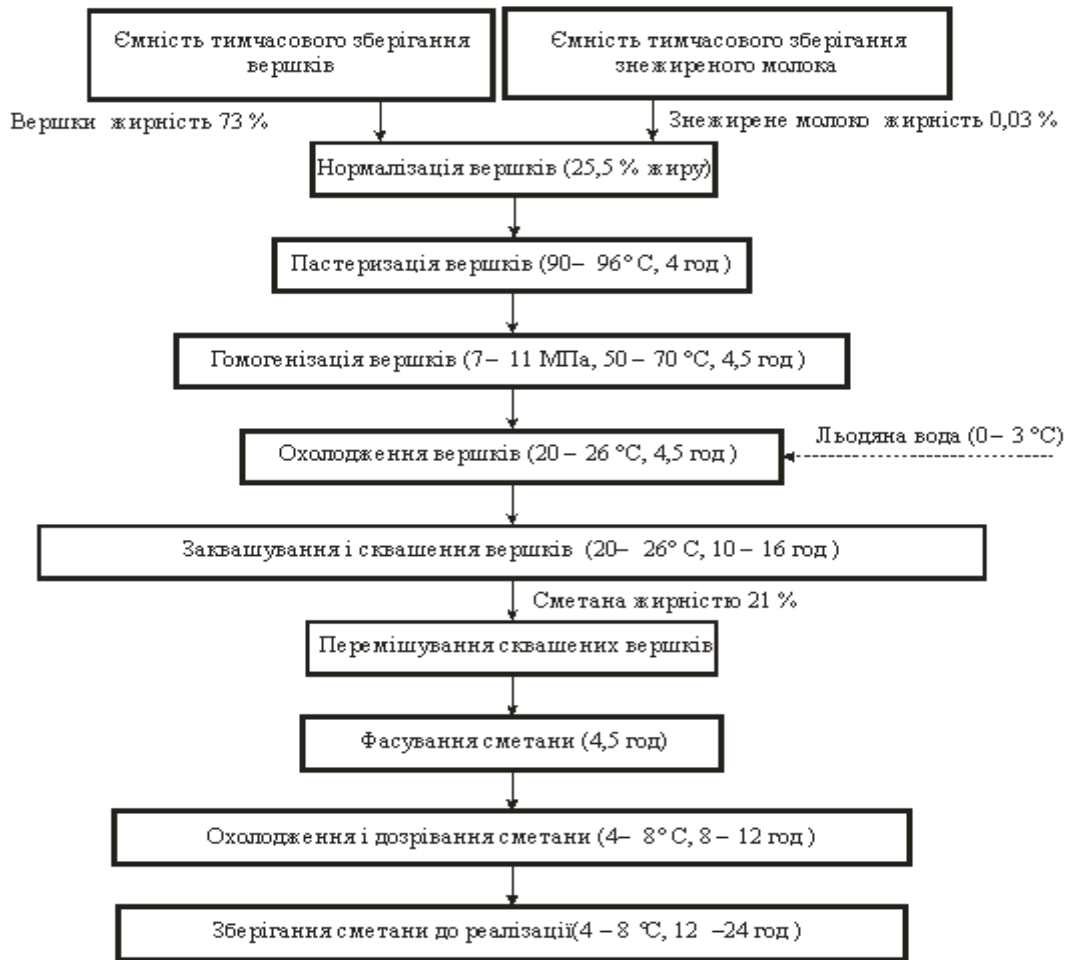


Рис.4. Принципова технологічна схема виготовлення сметани

## 2.5. Цех виготовлення сухого знежиреного молока

Сухе молоко буває цільним і знежиреним. Два різновиди сухого молока відрізняються відсотковим вмістом речовин. Термін зберігання сухого цільного молока менше ніж знежиреного, оскільки воно містить жири, яким властиві різні хімічні реакції.

Технологічний процес виготовлення сухого молока зображений на (рис. 5) та має наступні стадії:

1. Згущення молока в вакуум-випарній установці;
2. Гомогенізація відбувається в апараті А1-ОГ2М-2,5 (додаток 1.5). Згущене молоко гомогенізується при температурі 45-60°C;

3. Сушіння згущеного молока. Найвищої якості сухе молоко отримується методом розпилення. Процес здійснюється розпилювальним, конвеєрним або вакуумним методом.

4. Просіювання та охолодження;

5. Розфасування та упакування продукту в вакуумні пакети;

6. Розміщення фасованої продукції в холодильні камери зберігання готової продукції.

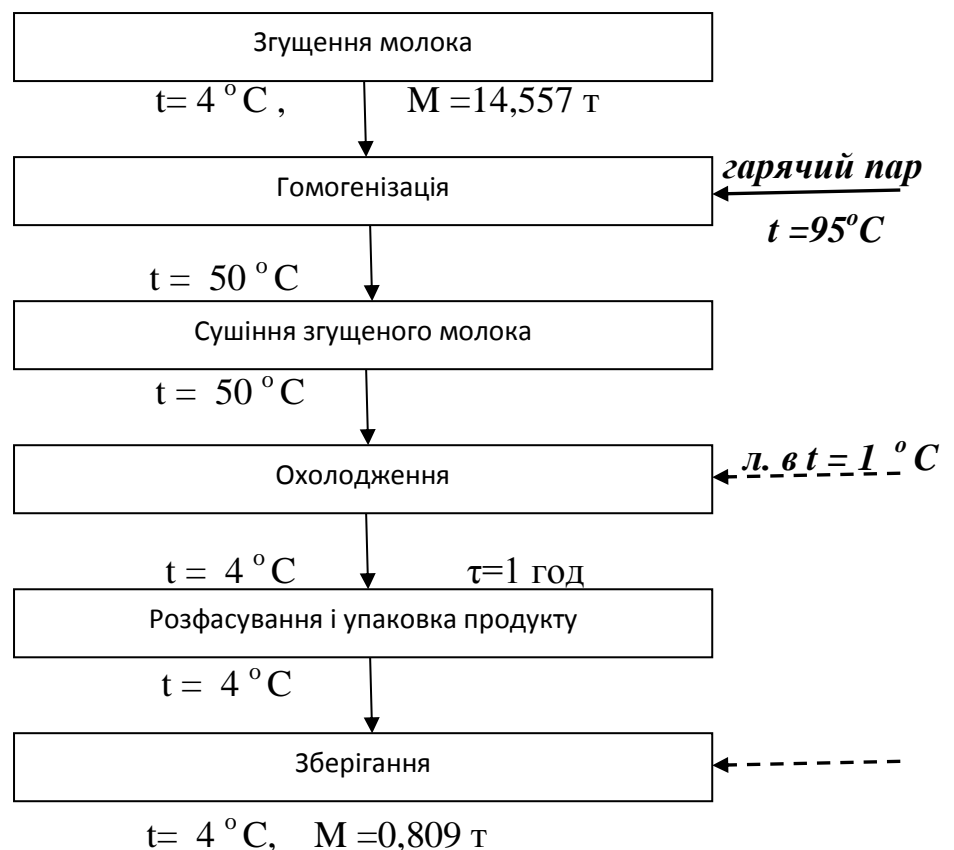


Рис. 5. Принципова схема вироблення сухого молока

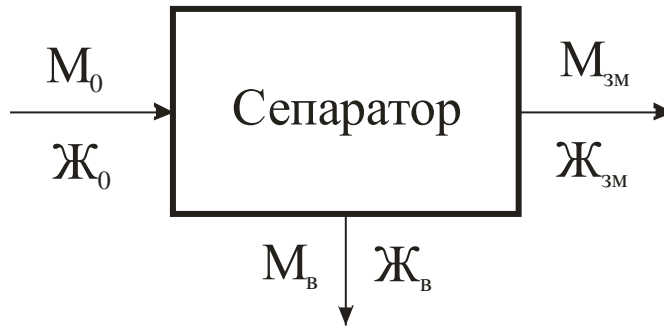
## 2.5. Масо-жирові розрахунки

### Цех приймання молока

Баланс сепаратора вершків високої жирності:

Жирність молока  $J_0 = 3,6\%$ , кількість молока  $M_0 = 25 \text{ т}$ . Жирність вершків  $J_g = 73\%$ , жирність знежиреного молока  $J_{з.м} = 0,03\%$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$M_{3M} = \frac{M_0 \cdot (\mathcal{J}_B - \mathcal{J}_0)}{\mathcal{J}_B - \mathcal{J}_{3M}}$$

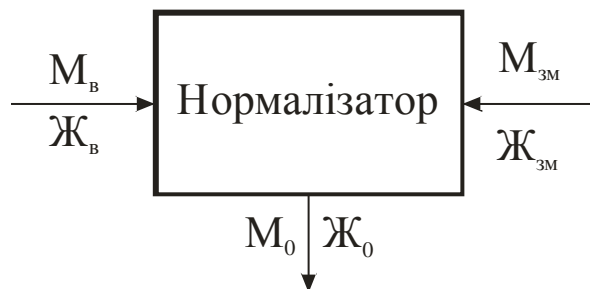
$$M_{3M} = \frac{25000 \cdot (73 - 3,6)}{73 - 0,03} = 23777 \text{ кг}$$

$$M_B = M_0 - M_{3M} = 25000 - 23777 = 1223 \text{ кг}$$

### Цех виготовлення молока

Баланс нормалізатора вершків:

Жирність вершків  $\mathcal{J}_B = 73 \%$ , кількість верків  $M_B = 0,323 \text{ т}$ . Жирність молока  $\mathcal{J}_0 = 2,6 \%$ , жирність знежиреного молока  $\mathcal{J}_{3M} = 0,03 \%$



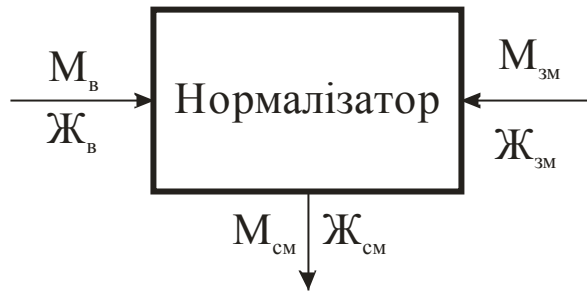
$$M_0 = \frac{M_B \cdot (\mathcal{J}_B - \mathcal{J}_{3M})}{\mathcal{J}_0 - \mathcal{J}_{3M}} = \frac{323 \cdot (73 - 0,03)}{2,6 - 0,03} = 9171 \text{ кг}$$

$$M_{3M} = M_0 - M_B = 9171 - 323 = 8848 \text{ кг}$$

### Цех виготовлення сметани

Баланс нормалізатора вершків:

Жирність вершків  $\mathcal{J}_B = 73 \%$ , кількість верків  $M_B = 0,15 \text{ т}$ . Жирність сметани  $\mathcal{J}_{CM} = 21 \%$ , жирність знежиреного молока  $\mathcal{J}_{3M} = 0,03 \%$



$$M_{\text{СМ}} = \frac{M_{\text{В}} \cdot (Ж_{\text{В}} - Ж_{\text{ЗМ}})}{Ж_{\text{СМ}} - Ж_{\text{ЗМ}}} = \frac{150 \cdot (73 - 0,03)}{21 - 0,03} = 522 \text{ кг}$$

$$M_{\text{ЗМ}} = M_{\text{СМ}} - M_{\text{В}} = 522 - 150 = 372 \text{ кг}$$

### Цех виготовлення СОМ

Сировиною для сухого знежиреного молока є знежирене молоко жирністю ( $Ж_{\text{ЗМ}}=0.03\%$ ). Для того, щоб визначити масу сировини потрібно від загальної кількості знежиреного молока відняти кількість молока, що йде на виробництво кожного з продуктів.

$$M(\text{сировини}) = 23777 - 9220 = 14557 \text{ кг}$$

Вихід продукту:

Вологість знежиреного сухого молока  $В_{\text{ЗН.С}} = 5\%$ .

Вологість знежиреного молока  $В_{\text{ЗН.М}} = 90\%$ .

$$M_{\text{СОМ}} = \frac{В_{\text{ЗН.С}} \cdot M(\text{сировини})}{В_{\text{ЗН.М}}} = \frac{5 \cdot 14557}{90} = 809 \text{ кг}$$

						00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист 3
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис/Під	Дата			



### 3. Розрахунок камери заморожування вершкового масла

Приймаю, що масло буду заморожувати в ящиках розміром 342x253x253 і вагою  $M = 20$  кг. Товщина упаковки  $\delta_{yn} = 1,4$  мм, теплопровідність картону  $\lambda_{yn} = 0,13 \frac{Вт}{м \cdot К}$ .

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

Визначальний розмір:

$$R_3 \leq R_2 \leq R_1$$

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

$$R = R_3 = 0,1265 \text{ м}$$

Розраховую коефіцієнт тепловіддачі від поверхні:

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

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

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

Розраховую тривалість заморожування:

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

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

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

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

$$Q = \frac{1,35 \cdot 1}{1,35 \cdot 1 + 0,7 \cdot 1,35 \cdot 1 - 0,15} = 0,624$$

$$\Phi = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2}{\beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_1 + \beta_2}$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сімороз В.О.			Розрахунок камери заморожування вершкового масла	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						ХМ-4-12ск		





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

Визначаю розрахункову будівельну площу камери зберігання:

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

де  $B_{\text{к}}$  - місткість камери, т;  $q_{\text{в}}$  - норма завантаження продукту, т/м<sup>3</sup>;  $\beta_{\text{F}}$  - коефіцієнт використання будівельної площі камери;  $h_{\text{в}}$  - вантажна висота, м.

Визначаю розрахункову будівельну площу камери зберігання молока в пакетах:

$$F_{\text{буд}1} = \frac{9,171}{0,71 \cdot 0,725 \cdot 2,2} = 7,8 \text{ м}^2$$

Визначаю розрахункову будівельну площу камери зберігання замороженого масла:

$$F_{\text{буд}2} = \frac{7,5}{0,75 \cdot 0,7 \cdot 2,2} = 6,5 \text{ м}^2$$

Визначаю будівельну площу камери заморозки масла:

$$F_{\text{буд}3} = \frac{0,75}{0,75 \cdot 0,7 \cdot 2} = 0,72 \text{ м}^2$$

Визначаю будівельну площу камери зберігання СОМ:

$$F_{\text{буд}4} = \frac{16,18}{0,71 \cdot 0,72 \cdot 2,2} = 14,39 \text{ м}^2$$

Визначаю будівельну площу камери зберігання охолодженої сметани в пакетах:

$$F_{\text{буд}5} = \frac{0,522}{0,75 \cdot 0,73 \cdot 2,2} = 0,44 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу одного будівельного прямокутника за формулою:

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

де  $b$  - ширина будівельного прямокутника, м;  $l$  - довжина будівельного прямокутника, м.

Визначаю кількість будівельних прямокутників:

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сімороз В.О.			Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						ХМ-4-12ск		

$$n = \frac{F_{\text{б\у\д}}}{f}$$

Визначаю кількість будівельних прямокутників камери зберігання молока:

$$n_1 = \frac{7,8}{36} = 0,217$$

Визначаю кількість будівельних прямокутників камери зберігання масла:

$$n_2 = \frac{6,5}{36} = 0,18$$

Визначаю кількість будівельних прямокутників камери заморозки масла:

$$n_3 = \frac{0,72}{36} = 0,02$$

Визначаю кількість будівельних прямокутників камери зберігання СОМ:

$$n_4 = \frac{14,39}{36} = 0,4$$

Визначаю кількість будівельних прямокутників камери зберігання охолодженої сметани:

$$n_5 = \frac{0,44}{36} = 0,013$$

Приймаю, що молоко в пакетах, СОМ та сметана в пакетах будуть зберігатися в одній камері. Тоді загальна необхідна площа камери буде дорівнювати:

$$n = 0,217 + 0,4 + 0,013 = 0,63$$

Приймаю, що масло буде заморожуватись і зберігатись в замороженому вигляді в одній камері.

$$n = 0,18 + 0,02 = 0,2$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників  $n_i$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$ .

$$n_{01+4} = 1$$

$$n_{02+3} = 1$$

Знаходжу загальну площу камер зберігання:

$$F_{\text{б\у\д}} = \sum n_i \cdot f = 36 + 36 = 72 \text{ м}^2.$$

Знаходжу площу експедиції:

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{екс} = 0,4 \cdot \frac{\sum M}{0,35} = 0,4 \cdot \frac{11,252}{0,35} = 12,86 \text{ м}^2$$

де  $\sum M$  - загальне добове надходження продукції до камери, т/добу.

Визначаю кількість будівельних прямокутників для експедиції:

$$n_{екс} = \frac{12,86}{36} = 0,36$$

Приймаю  $n_{д,екс} = 1$ .

Розраховую площу допоміжних приміщень:

$$F_{доп} = 0,35 \cdot \sum F_{б\ddot{y}д} = 0,35 \cdot 72 = 25,2 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників допоміжних приміщень:

$$n_{доп} = \frac{25,2}{36} = 0,7$$

Приймаю  $n_{доп} = 1$

Розраховую площу холодильника в контурі ізоляції:

$$F_{хол}^I = \sum F_{б\ddot{y}д} + F_{екс} + F_{доп} = 72 + 36 + 36 = 144 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників холодильника в контурі ізоляції – 4.

Знаходжу площу службових приміщень:

$$F_{сл} = 0,3 \cdot \sum F_{б\ddot{y}д} = 0,3 \cdot 72 = 21,6 \text{ м}^2$$

Визначаю кількість будівельних прямокутників службових приміщень:

$$n_{сл} = \frac{21,6}{36} = 0,6$$

Приймаємо  $n_{сл} = 1$

Знаходжу площу машинного відділення за формулою:

$$F_{маш} = 0,3 \cdot \sum F_{б\ddot{y}д} = 0,3 \cdot 72 = 21,6 \text{ м}^2$$

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

Знаходжу площу всього холодильника за формулою:

$$F_{хол} = F_{хол}^I + F_{сл} + F_{маш} = 144 + 36 + 36 = 216 \text{ м}^2$$

Отримані результати відповідно до розрахунків зводжу до таблиці 1.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 Визначення основних розмірів приміщень холодильника

Назва камери, приміщення	Ек т	$g_v$ т/м <sup>3</sup>	$\beta_F$	$h_v$ м	$F_{буд}$ м <sup>2</sup>	$f$ м <sup>2</sup>	$n$	$n_d$	$F_d$ м <sup>2</sup>
1. Зберігання молока в пакетах, сметани в пакетах та СОМ	25,873	0,71	0,72	2,2	22,68	36	0,63	1	36
2. Замороження та зберігання масла	7,5	0,75	0,7	2,2	7,2	36	0,2	1	36
3. Експедиція					12,86	36	0,36	1	36
Допоміжні приміщення					25,2	36	0,7	1	36
Холодильник в контурі					144	36	4	4	144
Службові приміщення					21,6	36	0,6	1	36

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій

У якості ізоляційного матеріалу використано пінополіуретан. Він є складовою сендвіч-панелей, якими зроблено ізоляцію камер холодильника та службових приміщень. Технічні характеристики пінополіуретану наведено у таблиці 2. Стеля виконана з сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан. Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідно знати параметри зовнішнього повітря місця будівництва холодильника (табл. 3).

Таблиця 2. Основні характеристики сендвіч-панелей на основі ППУ

Найменування показників	Величина показників
Густина, кг/м <sup>3</sup> , не більше	55
Теплопровідність, Вт/(м <sup>2</sup> ·К), не більше	0,022
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 <sup>2</sup> )	
при рівномірному відриві	0,20 (2,0)
при зміщенні	0,25 (2,5)
Міцність при розтягненні, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	0,20 (2,0)
Міцність при зміщенні, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	0,25 (2,5)
Модуль пружності при розтягненні, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	12 (120)
Модуль зміщення, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	4,5 (45)
Склад добавок, що гасять полум'я, % від ваги, не менше	5
Товщина металевого листа $\delta$ , мм	0,5
Коефіцієнт теплопровідності металевого листа $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	46,5

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

Таблиця 3. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С		
	літня	зимова	середньорічна
Дніпропетровськ	30	-19	7,4

### Розрахунок теплоізоляції огорожуючих конструкцій

Визначаю потрібну товщину ізоляційного шару для зовнішніх стін за формулою [8.2 літ. 1]:

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок ізоляційних конструкцій					
Розроб.		Сімороз В.О.						Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Мирошник М.М.								
Реценз.								ХМ-4-12ск		
Н. Контр.										
Затверд.		Петренко В.П.								

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \cdot \left[ \frac{1}{K_0} - \left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] , м ,$$

де  $\lambda_{із}$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції,  $Вт/(м \cdot К)$  ;  $K_0$  - оптимальний коефіцієнт теплопередачі,  $Вт/(м^2 \cdot К)$  ;  $\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огородження,  $Вт/(м^2 \cdot К)$  ;  $\alpha_6$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огородження,  $Вт/(м^2 \cdot К)$  .

Приймаю у якості дійсного значення товщину теплоізоляції,  $\delta_{із}$  , округлюючи розрахункове значення в бік зростання.

Далі проводжу перерахунок коефіцієнта теплопередачі та він уже буде дійсним:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із}^0}{\lambda_{із.}}}$$

**Камера заморожування та зберігання вершкового масла**  $t_{кам} = -20^\circ C$

#### **Зовнішня стіна:**

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

Загальний термічний опір огорожуючої конструкції:

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

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,23} - \left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,092 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч-панелей обираю зі стандартного ряду  $\delta_{із}^0 = 100 \text{ мм}$  .

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,1}{0,022}} = 0,213 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

#### **Стіна між камерою та виробничими цехами:**

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(м \cdot К) ; K_0 = 0,27 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) ; \alpha_3 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) ; \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К) .$$

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,27} - \left( \frac{1}{9} + 0,000022 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,077 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч-панелей обираю зі стандартного ряду  $\delta_{із}^0 = 80 \text{ мм}$  .

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,046 \text{ м};$$

Товщину сендвіч-панелей обираю зі стандартного ряду  $\delta_{із}^0 = 50 \text{ мм}$ .

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,41 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

**Стіна між камерою та виробничими цехами:**

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; K_0 = 0,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{9} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,037 \text{ м};$$

Товщину сендвіч-панелей обираю зі стандартного ряду  $\delta_{із}^0 = 50 \text{ мм}$ .

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

**Покрівля камери:**

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; K_0 = 0,464 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,464} - \left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,044 \text{ м};$$

Товщину сендвіч-панелей обираю зі стандартного ряду  $\delta_{із}^0 = 50 \text{ мм}$ .

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,41 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

Отримані результати проведених розрахунків зводжу до таблиці 4.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4. Визначення товщини теплоізоляції огороджувачих конструкцій

Огородження	$t_{в},$ °C	$\alpha_{зов},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_{в},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Товщина теплоізо- ляційного шару, м		Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
				$\delta_{із}^n$	$\delta_{із}^d$	$K_0$	$K_0^d$
Камера заморожування та зберігання масла							
Зовнішня стіна	-20	23	11	0,092	0,1	0,23	0,213
Стінка між камерою та приміщеннями з температурою 4°C	-20	9	11	0,08	0,08	0,26	0,26
Стінка між камерою та виробничими приміщеннями	-20	9	11	0,077	0,08	0,27	0,26
Покрівля	-20	23	11	0,088	0,1	0,242	0,213
Камера зберігання молока, сметани та СОМ°C							
Між приміщеннями з температурою 4°C	+4	9	9	0,032	0,05	0,58	0,396
Між виробничими приміщеннями	+4	9	9	0,037	0,05	0,52	0,4
Зовнішня стіна	+4	23	9	0,046	0,05	0,44	0,41
Покрівля	+4	23	9	0,044	0,05	0,464	0,41

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Сумарна 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 конструкції, при холодильному обробленні продуктів, від вентиляції, експлуатаційні теплонадходження, а також теплота, що виділяється продуктами під час дихання.

### 6.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{Вт};$$

де  $Q_{1T}, Q_{2C}$  - надходження теплоти відповідно через стіни, простінки, перекриття, покрівлю, через підлогу, від сонячної радіації, Вт.

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

Розраховую теплонадходження від дії сонячної радіації:

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

де  $\Delta t$  - надлишкова різниця температури від дії сонячної радіації, °С.

### Камера заморожування та зберігання вершкового масла:

Північна сторона:

$$Q_{1T} = 0,213 \cdot 6 \cdot 3,6 \cdot (30 + 20) = 0,23 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

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

Південна сторона:

$$Q_{1T} = 0,26 \cdot 21,6 \cdot (4 + 20) = 0,135 \text{ кВт};$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,135 + 0 = 0,135 \text{ кВт}.$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сімороз В.О.			<b>Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень</b>		
Перевір.		Мирошник М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Літ.	Лист.	Листів
					ХМ-4-12ск		

Західна сторона:

$$Q_{IT} = 0,26 \cdot 21,6 \cdot (8 + 20) = 0,157 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,157 + 0 = 0,157 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{IT} = 0,26 \cdot 21,6 \cdot (4 + 20) = 0,135 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,135 + 0 = 0,135 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{IT} = 0,21 \cdot 36 \cdot (1 + 20) = 0,159 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,159 + 0 = 0,159 \text{ кВт}.$$

Покриття:

$$Q_{IT} = 0,213 \cdot 36 \cdot (30 + 20) = 0,383 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0,213 \cdot 36 \cdot 14,9 = 0,114 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,383 + 0,114 = 0,497 \text{ кВт}.$$

Сумарна кількість теплонадходжень в камеру зберігання:

$$Q_1 = 0,23 + 0,135 + 0,135 + 0,157 + 0,159 + 0,497 = 1,313 \text{ кВт}.$$

### Камера зберігання молока, сметани та СОМ:

Північна сторона:

$$Q_{IT} = 0,26 \cdot 21,6 \cdot (-20 - 4) = -0,135 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,135 + 0 = -0,135 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{IT} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 \text{ кВт}.$$

Західна сторона:

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{IT} = 0,4 \cdot 21,6 \cdot (8 - 4) = 0,035 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,035 + 0 = 0,035 \text{ кВт}.$$

Південна сторона:

$$Q_{IT} = 0,41 \cdot 21,6 \cdot (30 - 4) = 0,23 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0,41 \cdot 21,6 \cdot 3,2 = 0,028 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,23 + 0,028 = 0,258 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{IT} = [0,47 \cdot 12 \cdot (30 - 4)] + [0,23 \cdot 12 \cdot (30 - 4)] + [0,12 \cdot 12 \cdot (30 - 4)] = 0,256 \text{ кВт}$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,256 + 0 = 0,256 \text{ кВт}.$$

Покриття:

$$Q_{IT} = 0,41 \cdot 36 \cdot (30 - 4) = 0,384 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0,41 \cdot 36 \cdot 14,9 = 0,22 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,384 + 0,22 = 0,604 \text{ кВт}.$$

Сумарна кількість теплонадходжень в камеру:

$$Q_1 = -0,135 + 0 + 0,035 + 0,258 + 0,256 + 0,604 = 1,018 \text{ кВт}.$$

**Автомобільна платформа (Експедиція):**

Південна сторона:

$$Q_{IT} = 0,41 \cdot 21,6 \cdot (30 - 4) = 0,23 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0,41 \cdot 21,6 \cdot 3,2 = 0,028 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,23 + 0,028 = 0,258 \text{ кВт}.$$

Північна сторона:

$$Q_{IT} = 0,41 \cdot 21,6 \cdot (30 - 4) = 0,23 \text{ кВт};$$

$$Q_{IC} = 0 \text{ кВт};$$

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

Західна сторона:

$$Q_{IT} = 0,26 \cdot 21,6 \cdot (-20 - 4) = -0,135 \text{ кВт};$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,135 + 0 = -0,135 \text{ кВт}.$$

Східна сторона:

$$Q_{1T} = 0,41 \cdot 43,2 \cdot (30 - 4) = 0,461 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0,41 \cdot 43,2 \cdot 3,9 = 0,069 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,461 + 0,069 = 0,53 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{1T} = [0,47 \cdot (12 + 8) \cdot (30 - 4)] + [0,23 \cdot (10 + 6) \cdot (30 - 4)] + [0,12 \cdot (8 + 4) \cdot (30 - 4)] = 0,378 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1T} = 0,41 \cdot 72 \cdot (30 - 4) = 0,768 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0,41 \cdot 72 \cdot 14,9 = 0,44 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,768 + 0,44 = 1,208 \text{ кВт}.$$

Сумарні теплонадходження в камеру:

$$Q_1 = 0,258 + 0,23 - 0,135 + 0,53 + 0,378 + 1,208 = 2,469 \text{ кВт}.$$

Усі результати розрахунків зводжу до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції

Назва камери	Назва огороження	$K_0^D$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	F, м <sup>2</sup>	t <sub>з</sub> , °С	t <sub>вн</sub> , °С	θ	Q <sub>1T</sub> , кВт	Δt	Q <sub>1c</sub> , кВт	Q <sub>1</sub> , кВт
Камера зберігання та заморожування масла	північна	0,213	21,6	30	-20	50	0,23	-	0	0,23
	південна	0,26	21,6	4	-20	24	0,135	-	0	0,135
	західна	0,26	21,6	8	-20	28	0,157	-	0	0,157
	східна	0,26	21,6	4	-20	24	0,135	-	0	0,135
	підлога	0,21	36	1	-20	21	0,159	-	0	0,159
	покриття	0,213	36	30	-20	50	0,383	14,9	0,114	0,497
Всього:										1,313
Камера зберігання молока, сметани та СОМ	північна	0,26	21,6	-20	4	-24	-0,135	-	0	-0,135
	південна	0,41	21,6	30	4	26	0,23	3,2	0,028	0,258
	західна	0,4	21,6	8	4	4	0,035	-	0	0,035
	східна	0,396	21,6	4	4	0	0	-	0	0
	підлога	-	36	30	4	26	0,256	-	0	0,256
	покриття	0,41	36	30	4	26	0,384	14,9	0,22	0,604
Всього:										1,018
Автомобільна платформа	північна	0,41	21,6	30	4	26	0,23	-	0	0,23
	південна	0,41	21,6	30	4	26	0,23	3,2	0,028	0,258
	західна	0,26	21,6	-20	4	-24	-0,135	-	0	-0,135
	східна	0,41	43,2	30	4	26	0,461	3,9	0,069	0,53
	підлога	-	72	30	4	26	0,378	-	0	0,378
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					Лист



$$Q_{2ТСОМ} = 0,1 \cdot 0,809 \cdot 2,3 \cdot (25 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,045 \text{ кВт};$$

$$Q_{2Псмет} = 0,522 \cdot (29,3 - 13) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,098 \text{ кВт};$$

$$Q_{2Тсмет} = 0,1 \cdot 0,522 \cdot 2,3 \cdot (25 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,029 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0,902 + 0,513 + 0,045 + 0,098 + 0,029 = 1,587 \text{ кВт}.$$

Таблиця 6.2. Теплонадходження при холодильній обробці продуктів

Номер камери	$t_{\text{кам}}$	$M_d$	$M_{\text{дт}}$	$t_n$	$t_k$	$i_n$	$i_k$	$C_T$	$\tau$	$Q_{2n}$	$Q_{2T}$	$Q_2$
	°C	т/доб	т/доб	°C	°C	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кгК	год	кВт	кВт	кВт
Камера №1	-20	0,75	0,075	16	-20	214,4	0	2,3	22,2	2,616	0,054	<b>2,67</b>
Камера №2	4	10,502	1,05	8	4	342,5	334	2,3	24	1	0,587	<b>1,587</b>

### 6.3 Розрахунок експлуатаційних теплонадходжень

**Формула для розрахунку експлуатаційних теплонадходжень:**

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

де  $q_1$  - теплонадходження від освітлення, кВт;  $q_2$  - теплонадходження від людей, кВт;  $q_3$  - теплонадходження від працюючих електродвигунів, кВт;  $q_4$  - теплонадходження від відкриття дверей, кВт.

Розраховую теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ кВт}$$

де  $A$  - питоме теплонадходження від приладів на  $1 \text{ м}^2$  підлоги,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $F$  - площа камери,  $\text{м}^2$ .

Розраховую теплонадходження від перебування людей за формулою:

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ кВт}$$

де  $n$  - кількість людей, чол; 350 - теплонадходження від однієї працюючої людини,  $\text{Вт}/\text{чол}$ .

Розраховую теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{\text{ел}}, \text{ кВт}$$

де  $N_{\text{ел}}$  - сумарна потужність всіх електродвигунів, кВт.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховую теплонадходження від відкривання дверей:

$$q_4 = K \cdot F, \text{ кВт}$$

де  $K$  - питомий теплонадходження від відкривання дверей,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $F$  - площа камери,  $\text{м}^2$ .

**Камера зберігання та заморожування вершкового масла (№1):**

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

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

$$q_3 = 8 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 19,2 \cdot 36 = 0,691 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,12 + 0,7 + 8 + 0,691 = 9,511 \text{ кВт}.$$

**Камера зберігання молока, сметани та СОМ (№2):**

$$q_1 = 2,3 \cdot 36 = 0,083 \text{ кВт};$$

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

$$q_3 = 2 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 17,4 \cdot 36 = 0,626 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,083 + 0,7 + 2 + 0,626 = 3,409 \text{ кВт}.$$

**Автомобільна платформа (№3):**

$$q_1 = 4,7 \cdot 72 = 0,338 \text{ кВт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт};$$

$$q_3 = 2 \text{ кВт};$$

$$q_4 = 22,8 \cdot 72 = 1,642 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = 0,338 + 1,4 + 2 + 1,642 = 5,38 \text{ кВт}.$$

Отримані результати в процесі розрахунку зводжу до таблиці 6.3.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3. Експлуатаційні теплонадходження

Номер приміщення	$F_d$	$A$	$q_1$	$n$	$q_2$	$N_{ел}$	$q_3$	$K$	$q_4$	$Q_4$
	$m^2$	$Вт/м^2$	$кВт$	$чол$	$Вт$	$кВт$	$кВт$	$Вт/м^2$	$кВт$	$кВт$
№1	36	4,7	0,12	2	0,7	8	8	19,2	0,691	<b>9,511</b>
№2	36	2,3	0,083	2	0,7	2	2	17,4	0,626	<b>3,409</b>
№3	72	4,7	0,338	4	1,4	2	2	22,8	1,642	<b>5,38</b>

Сумарні теплонадходження, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника визначено у таблиці. 6.4.

Таблиця 6.4. Загальні теплонадходження

Номер приміщення	$t_{кам}$ $^{\circ}C$	$Q_1,$ $кВт$	$Q_2,$ $кВт$	$Q_4,$ $кВт$	$Q,$ $кВт$
№1	-20	1,313	2,67	9,511	13,494
№2	4	1,018	1,587	3,409	6,014
№3	4	2,469	-	5,38	7,849

## 7. Визначення навантаження на обладнання камер та компресори

Навантаження на компресор  $Q_{\text{км}}$  складається із усіх видів теплонадходжень, але враховувати їх можна не повністю, а частково, в залежності від типу та призначення холодильника.

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

### Холодильне навантаження технологічного процесу згідно розділу 2.6

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

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

$$Q_{\text{пр}} = 1,3 \cdot M_{\text{пр}} \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 25 \cdot (351 - 342,5) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 12,79 \text{ кВт};$$

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

а) вершків:

$$Q_{\text{вер.}} = 1,3 \cdot M_{\text{вер.}} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 1,223 \cdot 3,58 \cdot (35 - 4) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 8,169 \text{ кВт};$$

б) знежиреного молока:

$$Q_{\text{зн.вер.}} = 1,3 \cdot M_{\text{зн.вер.}} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 23,777 \cdot 3,9 \cdot (35 - 4) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 173,01 \text{ кВт};$$

3. Охолодження молока після нормалізації ( $35 \rightarrow 4^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{мол.}} = 1,3 \cdot M_{\text{мол.}} \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 9,171 \cdot (458 - 334) \cdot \frac{10^3}{5 \cdot 3600} = 82,131 \text{ кВт};$$

4. Охолодження вершків для дозрівання масла ( $85 \rightarrow 13^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{вер.}} = 1,3 \cdot M_{\text{вер.}} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 0,75 \cdot 3,58 \cdot (85 - 13) \cdot \frac{10^3}{1 \cdot 3600} = 69,81 \text{ кВт};$$

5. Охолодження СОМ ( $50 \rightarrow 4^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{вер.}} = 1,3 \cdot M_{\text{СОМ}} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 0,809 \cdot 3,9 \cdot (50 - 4) \cdot \frac{10^3}{1 \cdot 3600} = 52,41 \text{ кВт};$$

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Сімороз В.О.</i>			<b>Визначення навантаження на обладнання камер та компресори</b>		
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
					ХМ-4-12ск		

6. Охолодження вершків перед заквашуванням сметани ( $50 \rightarrow 26^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{вер.}} = 1,3 \cdot M_{\text{вер.}} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot \frac{10^3}{\tau_{\text{обр.}} \cdot 3600} = 1,3 \cdot 0,522 \cdot 3,58 \cdot (50 - 26) \cdot \frac{10^3}{2 \cdot 3600} = 8,098 \text{ кВт};$$

На графіку (рис. 6) добового споживання холоду видно, що на протязі доби двічі різко збільшується теплове навантаження. Розрахунок і підбір обладнання проводимо по максимальному тепловому навантаженню, яке складає  $Q_{\text{Л.В.}} = 221,326 \text{ кВт}$ .

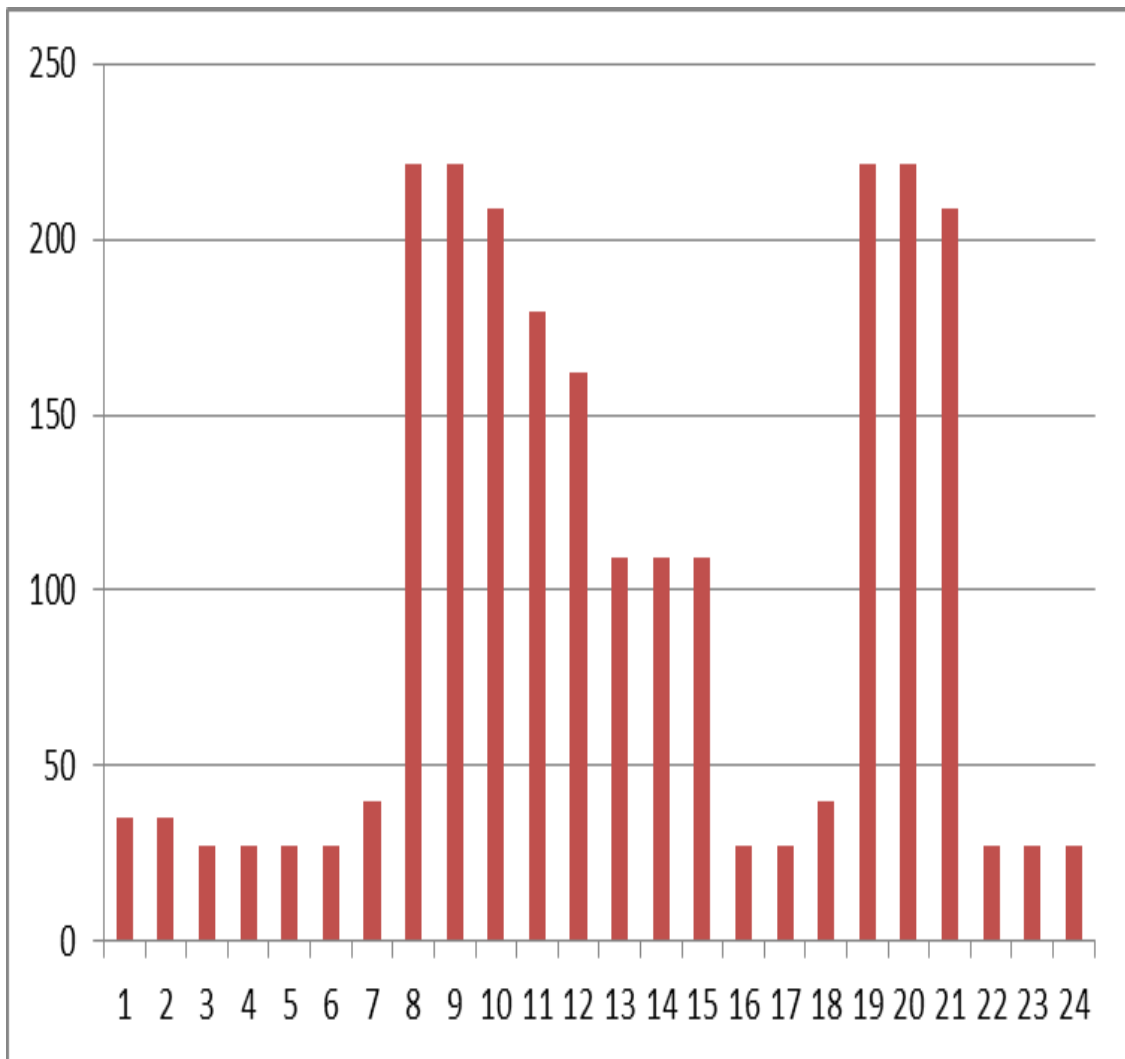


Рис. 6. Графік холодонавантаження маслозаводу

Навантаження на компресор від теплонавадходження через огорожуючі конструкції приймають:

$$Q_{1KM} = 0,9 \cdot Q_1;$$

Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{2KM} = Q_2$$

Навантаження на компресор від експлуатаційних теплонадходжень приймають:

$$Q_{4KM} = 0.75 \cdot Q_4$$

**Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = -5^\circ\text{C}$  (приміщення з температурою  $4^\circ\text{C}$ ).**

$$Q_{KM-5} = 0,9 \cdot \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0,75 \sum Q_4 = 0,9 \cdot (1,018 + 2,469) + 1,587 + 0,75 \cdot (3,409 + 5,38) = 11,317 \text{ кВт};$$

$$Q_{-5} = k \cdot \frac{Q_{KM-5}}{b} = 1,05 \cdot \frac{11,317}{0,8} = 14,85 \text{ кВт};$$

**Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = -27^\circ\text{C}$ .**

$$Q_{KM-27} = 0,9 \cdot \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0,75 \sum Q_4 = 0,9 \cdot 1,313 + 2,67 + 0,75 \cdot 9,511 = 10,985 \text{ кВт};$$

$$Q_{-27} = k \cdot \frac{Q_{KM-27}}{b} = 1,07 \cdot \frac{10,985}{0,8} = 14,69 \text{ кВт};$$

**Навантаження на компресор, що працює на охолодження льодяної води при температурі кипіння  $t_0 = -3^\circ\text{C}$ .**

$$Q_{-3} = k \cdot \frac{Q_{ЛВ}}{b} = 1,12 \cdot \frac{221,326}{0,8} = 309,86 \text{ кВт};$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лис
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Правильний та грамотний вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки відіграє дуже важливу роль в економічності даного проекту, капітальних затратах на обладнання, трубопроводи, будівництво допоміжних приміщень та ін.

В даному проекті я обрав саме децентралізовану одноступеневу систему охолодження камер. Схему подачі холодильного агенту до приладів охолодження обрано безнасосною. Охолодження камер на технологічних ліній обрано комбінованим: безпосереднє та з проміжним теплоносієм - «льодяною водою». В якості холодильного агенту використовую фреон R404a, який найбільш підходить для даних температурних режимів та розрахункової потужності.

У якості теплообмінного апарату, який відводить теплоту конденсації – конденсатору – обрано до використання кожухотрубний конденсатор.

Децентралізоване холодильне обладнання знаходиться на вулиці під навісом біля холодильника.

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сімороз В.О.</i>			<i>Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>						<b>ХМ-4-12ск</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

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

Режим роботи холодильної установки характеризується наступними температурами: кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування  $t_{вс}$  та температурою переохолодження перед дроселюванням  $t_{перох}$ .

Значення вказаних параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки та розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння, як правило, приймають на 7-10 К нижчою ніж температура у камерах при безпосередньому охолодженні та на 3-6 К нижчою ніж температура «льодяної» води на вході в прилади охолодження при охолодженні з проміжним теплоносієм.

$$t_{0лв} = t_{вл} - 4 = 1 - 4 = -3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{0мас} = t_{к.мас} - 7 = -20 - 7 = -27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{0мол} = t_{к.мол} - 9 = 4 - 9 = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В даному дипломному проекті ми використовуємо кожухотрубні конденсатори з охолодженням водою, тобто температура та тиск конденсації будуть залежати від температури мокрого термометру. Для м. Дніпропетровськ ця температура в літку становить  $t_{м.т} = 22^\circ\text{C}$ . Температуру конденсації визначаємо з:

$$t_k = t_{м.т.} + 6...8 + 2...4 \text{ K} = 22 + 6 + 3 = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура переохолодження складає 2-3 К. Відповідно температура рідкого холодильного агенту на виході з конденсатора:

$$t_{пер} = t_k - 2...3 \text{ K} = 31 - 2 = 29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температуру всмоктування парів у фреонових системах приймають на 10-20 К вища за температуру кипіння, що обумовлено використанням ТРВ.

$$t_{вс.лв} = t_{0лв} + 13 = -3 + 13 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{вс.мас} = t_{0.мас} + 12 = -27 + 12 = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{вс.мол} = t_{0.мол} + 15 = -5 + 15 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Розрахунок системи для камери заморозки та зберігання вершкового масла

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сімороз В.О.			<i>Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.						<b>ХМ-4-12ск</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Будую цикл роботи холодильної установки в  $\lg P-h$  діаграмі для R404A (рис. 7). Значення параметрів у вузлових точках циклу наводжу у таблиці 9.1.

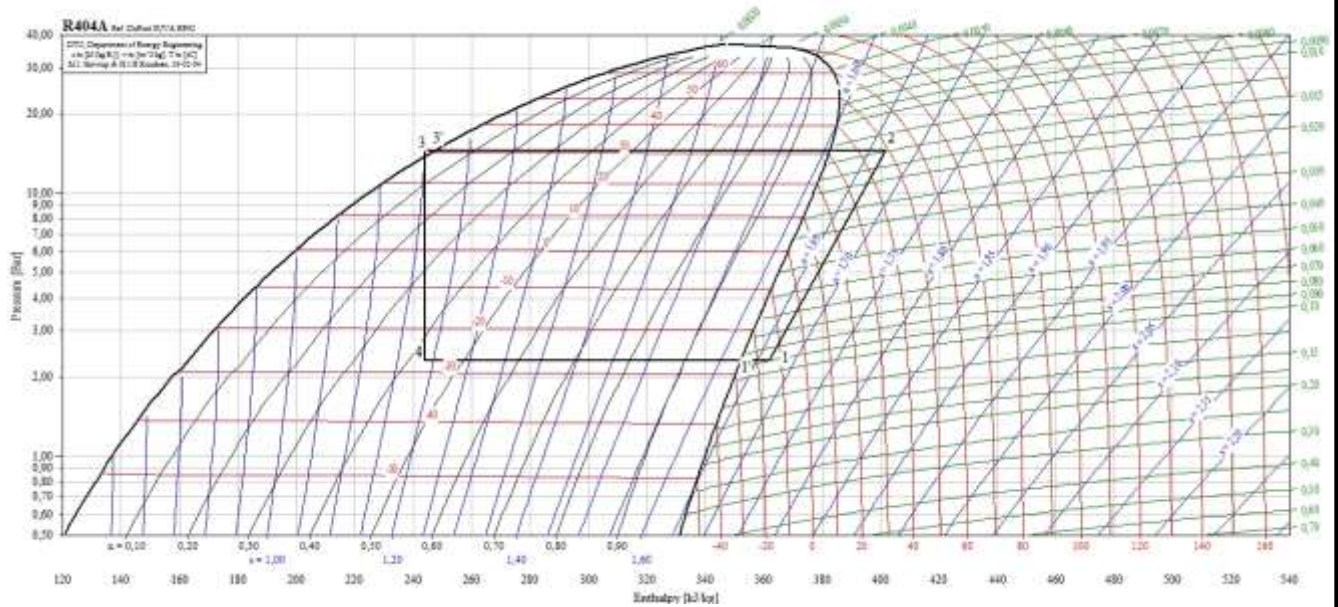


Рис. 7 – Цикл холодильної установки для камери заморозки та зберігання масла

Таблиця 9.1 Параметри робочих точок

№ точки	t, °C	p, бар	v, м³/кг	h, кДж/кг
1'	-27	2,31	-	352,3
1	-15	2,31	0,0897	361,89
2p	61,88	14,527	0,0161	415,38
2	48,75	14,527	-	401,55
3'	31	14,527	-	247,3
3	33	16,6	-	243,93
4	-27	2,31	-	243,93

Масова витрата холодильного агенту:

$$m_{-27} = \frac{Q_{-27}}{h_1 - h_4} = \frac{14,69}{361,89 - 243,93} = 0,1245 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаю індикаторний ККД за рівнянням:

$$\eta_i = \lambda_\omega + b \cdot t_0$$

де  $\lambda_\omega$  – тепловий коефіцієнт,  $b = 0,0025$  – для фреону.

Визначаю тепловий коефіцієнт:

$$\lambda_\omega = \frac{T_0}{T_k} = \frac{273 - 27}{273 + 31} = 0,809$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = 0,809 + 0,0025 \cdot (-27) = 0,7415$$

Знаходжу реальну точку кінця процесу стиснення:

$$h_{2p} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 361,89 + \frac{401,55 - 361,89}{0,7415} = 415,38 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Оскільки передбачається встановлення поршневих компресорів, то коефіцієнт подачі  $\lambda$  визначається наступним чином:

$$\lambda = \lambda_i \lambda'_{\omega},$$

де  $\lambda_i$  – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора.

Знаходжу індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора:

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{\text{вс}}}{p_0} - c \left[ \left( \frac{p_k + \Delta p_n}{p_0} \right)^{1/n} - \frac{p_0 - \Delta p_{\text{вс}}}{p_0} \right],$$

де  $\Delta p_{\text{вс}}$  – депресія на всмоктуванні,  $\Delta p_{\text{вс}}=5...10$  кПа (приймаю  $\Delta p_{\text{вс}}=0,005$  МПа);  $\Delta p_n$  – депресія на нагнітанні,  $\Delta p_n=5...10$  кПа (приймаю  $\Delta p_n=0,005$  МПа);  $c=0,03...0,05$  – відносний мертвий простір (приймаю  $c=0,03$ );  $n$  – показник політропи розширення (приймаю  $n=1,2$ ).

$$\lambda_i = \frac{0,231-0,005}{0,231} - 0,03 \cdot \left[ \left( \frac{1,4527+0,005}{0,231} \right)^{1/1,1} - \frac{0,231-0,005}{0,231} \right] = 0,847$$

$$\lambda = 0,847 \cdot 0,7415 = 0,628$$

Обираю поршневі компресори:

$$V_{\partial(1)} = m_{-27} \times v_1 = 0,1245 \times 0,0897 = 0,011 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 39,6 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$V_{m1} = \frac{V_{\partial(1)}}{\lambda} = \frac{0,011}{0,628} = 0,0175 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 63,06 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Обираємо 2 напівгерметичних поршневих компресора Bitzer 4JE-15Y з об'ємною подачею:

$$V_{\partial(1)} = 63,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,0176 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Визначаю дійсну масова витрата:

$$M_{(-27)} = \frac{\lambda \cdot V_{\partial(1)}}{v_1} = \frac{0,628 \cdot 0,0176}{0,0897} = 0,123 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаю теоретична потужність:

$$N_{m(-27)} = M_{(-27)} \cdot (h_{2p} - h_1) = 0,123 \cdot (415,38 - 361,89) = 6,58 \text{ кВт}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				

Визначаю індикаторну потужність компресора:

$$N_{i(-27)} = \frac{N_{m(-27)}}{\eta_{i(1)}} = \frac{6,58}{0,7415} = 8,87 \text{ кВт}$$

Визначаю ефективну потужність компресора:

$$N_{e(-27)} = \frac{N_{i(-27)}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{8,87}{0,9} = 9,85 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{мех}}$  – механічний ККД компресора.

Визначаю електрична потужність компресора:

$$N_{\text{ел}(-27)} = \frac{N_{e(-27)}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{9,85}{0,8} = 12,31 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{ел}}$  – електричний ККД електродвигуна компресора.

Для забезпечення нормальної роботи компресорів необхідно брати запас електричної потужності 10%.

По замовчуванню на кожний компресор встановлено двигун, який має потужність 19 кВт.

Визначаю навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}(-27)} = \sum M_{(-27)} \cdot (h_{2p} - h_3) = 2 \cdot 0,123 \cdot (415,38 - 247,3) = 41,35 \text{ кВт}$$

### Проводимо розрахунок системи для охолодження льодяної води

Будую цикл роботи холодильної установки в  $\lg P-h$  діаграмі для R404A (рис. 8). Значення параметрів у вузлових точках циклу зводжу до таблиці 9.2.

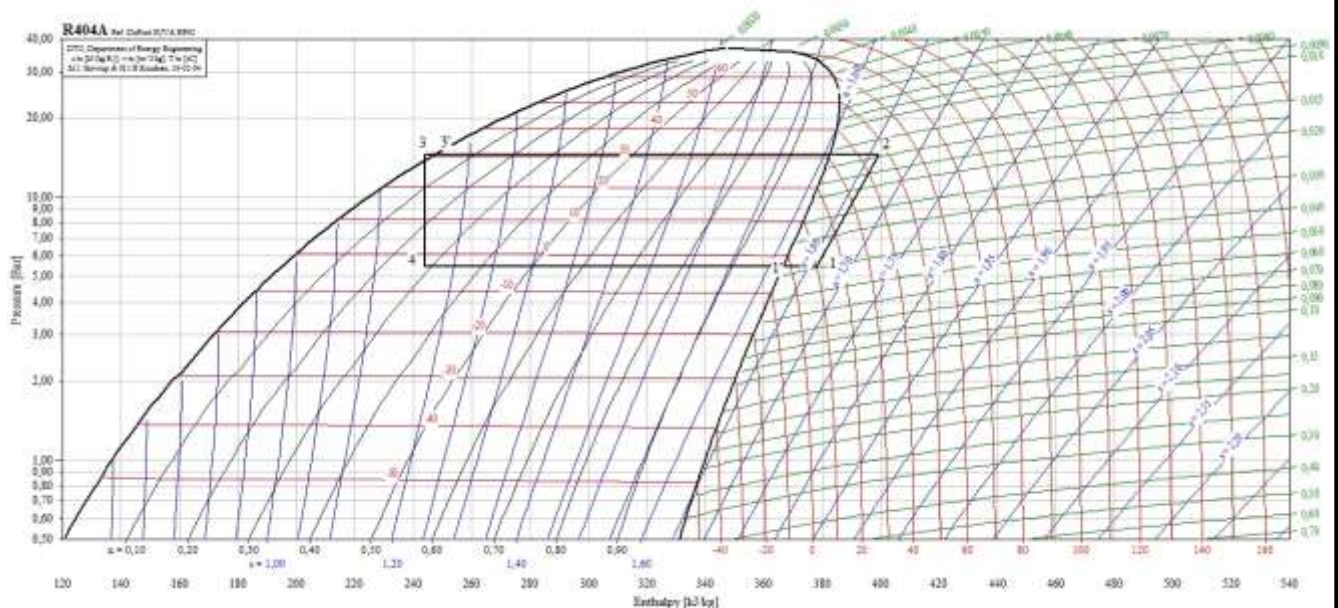


Рис. 8 – Цикл холодильної установки льодяної води

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					

Таблиця 9.2 Параметри робочих точок

№ точки	t, °C	p, бар	v, м <sup>3</sup> /кг	h, кДж/кг
1	10	5,475	0,039	378,2
2p	49,2	14,527	0,0149	402,1
2	46,56	14,527	-	399,23
3'	31	14,527	-	247,28
3	29	14,527	-	243,93
4	-3	5,475	-	243,93

Масова витрата холодильного агенту:

$$m_{-3} = \frac{Q_{\text{лв}}}{h_1 - h_4} = \frac{309,86}{378,2 - 243,93} = 2,308 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаю індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{\omega} + b \cdot t_0$$

де  $\lambda_{\omega}$  – тепловий коефіцієнт,  $b = 0,0025$  – для фреону.

Знаходимо тепловий коефіцієнт:

$$\lambda_{\omega} = \frac{T_0}{T_k} = \frac{273 - 3}{273 + 31} = 0,888$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = 0,888 + 0,0025 \cdot (-3) = 0,88$$

Знаходжу реальну точку кінця процесу стиснення:

$$h_{2p} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 378,2 + \frac{399,23 - 378,2}{0,88} = 402,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Оскільки передбачається встановлення поршневих компресорів, то коефіцієнт подачі  $\lambda$  визначається як:

$$\lambda = \lambda_i \lambda'_{\omega},$$

де  $\lambda_i$  – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора.

Визначаю індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора за формулою:

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{\text{вс}}}{p_0} - c \left[ \left( \frac{p_k + \Delta p_{\text{н}}}{p_0} \right)^{1/n} - \frac{p_0 - \Delta p_{\text{вс}}}{p_0} \right],$$

де  $\Delta p_{\text{вс}}$  – депресія на всмоктуванні,  $\Delta p_{\text{вс}}=5...10$  кПа (приймаю  $\Delta p_{\text{вс}}=0,005$  МПа);

$\Delta p_{\text{н}}$  – депресія на нагнітанні,  $\Delta p_{\text{н}}=5...10$  кПа (приймаю  $\Delta p_{\text{н}}=0,005$  МПа);

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				



По замовчуванню на кожний компресор встановлено двигун, який має потужність 78 кВт.

Навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд(те)}} = \sum M_{(-3)} \cdot (h_{2p} - h_{3'}) = 2 \cdot 1,32 \cdot (402,1 - 247,28) = 408,72 \text{ кВт}$$

### Розрахунок системи для охолодження приміщень з температурою 4°C

Будую цикл роботи холодильної установки в  $\lg P-h$  діаграмі для R404A (рис. 9). Значення параметрів у вузлових точках циклу зводжу до таблиці 9.3.

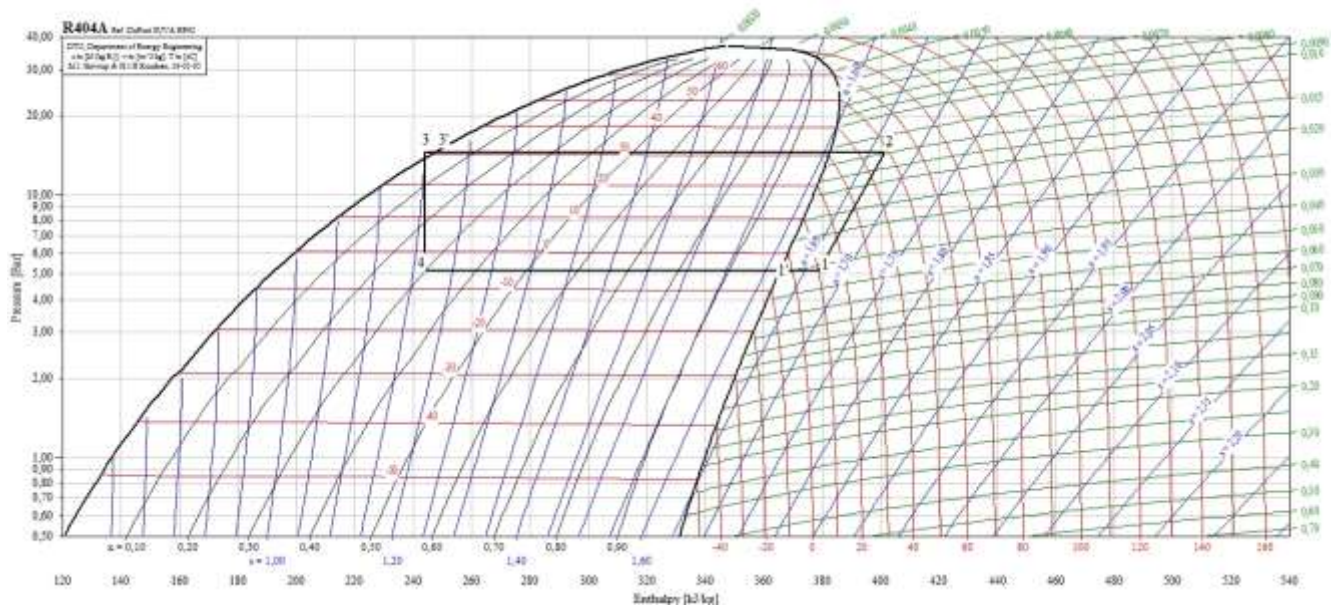


Рис. 9 – Цикл холодильної установки

Таблиця 9.3 Параметри робочих точок

№ точки	t, °C	p, бар	v, м³/кг	h, кДж/кг
1	10	5,128	0,042	378,74
2p	51,8	14,527	0,0151	404,83
2	48,65	14,527	-	401,44
3'	31	14,527	-	247,28
3	29	14,527	-	243,93
4	-5	5,128	-	243,93

Масова витрата холодильного агенту:

$$m_{-5} = \frac{Q_{-5}}{h_1 - h_4} = \frac{14,85}{378,74 - 243,93} = 0,11 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаю індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_\omega + b \cdot t_0$$

де  $\lambda_\omega$  – тепловий коефіцієнт,  $b = 0,0025$  – для фреону.

Визначаю тепловий коефіцієнт:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				

$$\lambda_{\omega} = \frac{T_0}{T_k} = \frac{273 - 5}{273 + 31} = 0,882$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = 0,882 + 0,0025 \cdot (-5) = 0,87$$

Знаходжу реальну точку кінця процесу стиснення:

$$h_{2p} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 378,74 + \frac{401,44 - 378,74}{0,87} = 404,83 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Оскільки передбачається встановлення поршневих компресорів, то коефіцієнт подачі  $\lambda$  визначається як:

$$\lambda = \lambda_i \lambda'_{\omega},$$

де  $\lambda_i$  – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора.

Визначаю індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора:

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} - c \left[ \left( \frac{p_k + \Delta p_n}{p_0} \right)^{1/n} - \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} \right],$$

де  $\Delta p_{вс}$  – депресія на всмоктуванні,  $\Delta p_{вс}=5...10$  кПа (приймаю  $\Delta p_{вс}=0,005$  МПа);  
 $\Delta p_n$  – депресія на нагнітанні,  $\Delta p_n=5...10$  кПа (приймаю  $\Delta p_n=0,005$  МПа);  
 $c=0,03...0,05$  – відносний мертвий простір (приймаю  $c=0,03$ );  $n$  – показник політропи розширення (приймаю  $n=1,2$ ).

$$\lambda_i = \frac{0,5128 - 0,005}{0,5128} - 0,03 \cdot \left[ \left( \frac{1,4527 + 0,005}{0,5128} \right)^{1/1,1} - \frac{0,5128 - 0,005}{0,5128} \right] = 0,942$$

$$\lambda = 0,942 \cdot 0,882 = 0,83$$

Обираю поршневі компресори:

$$V_d = m_{-5} \cdot v_1 = 0,11 \cdot 0,042 = 0,0046 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_m = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,0046}{0,83} = 0,0055 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 19,95 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Вибираємо 2 напівгерметичних поршневих компресора Bitzer 4EES-4Y з об'ємною подачею:

$$V_{d(1)} = 22,72 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,0063 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				

Визначаю дійсну масову витрату компресора:

$$M_{(-5)} = \frac{\lambda \cdot V_{\partial(1)}}{v_1} = \frac{0,83 \cdot 0,0063}{0,042} = 0,1245 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаю теоретичну потужність компресора:

$$N_{m(-5)} = M_{(-5)} \cdot (h_{2p} - h_1) = 0,1245 \cdot (404,83 - 378,74) = 3,24 \text{ кВт}$$

Визначаю індикаторна потужність компресора:

$$N_{i(-5)} = \frac{N_{m(-5)}}{\eta_i} = \frac{3,24}{0,87} = 3,72 \text{ кВт}$$

Визначаю ефективну потужність компресора:

$$N_{e(-5)} = \frac{N_{i(-5)}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{3,72}{0,9} = 4,13 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{мех}}$  – механічний ККД компресора.

Визначаю електричну потужність компресора:

$$N_{\text{ел}(-5)} = \frac{N_{e(-5)}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{4,13}{0,9} = 4,59 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{ел}}$  – електричний ККД електродвигуна компресора.

Для забезпечення нормальної роботи компресорів необхідно брати запас електричної потужності 10% .

По замовчуванню на кожний компресор встановлено двигун, який має потужність 6,9 кВт.

Навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = \sum M_{(-5)} \cdot (h_{2p} - h_{3r}) = 2 \cdot 0,1245 \cdot (404,83 - 247,28) = 39,23 \text{ кВт}$$

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					

## 10. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів

### 10.1. Розрахунок конденсаторів

Конденсатор для камери заморозки та зберігання вершкового масла

Дійсне навантаження на конденсатор  $Q_{к.д.(-27)} = 41,35$  (кВт).

При підборі конденсатора використано програму компанії Bitzer (рис. 10.).

До встановлення приймаю 2-х ходовий конденсатор К373Н (рис. 11).

The screenshot displays the BITZER Software interface for condenser selection. On the left, the 'Выбор конденсатора' (Condenser Selection) section shows the following parameters:

- Серии: Стандарт
- Хладагент: R404A
- Охладитель: Вода
- Концентрация в воде: 0
- Произв-ть: 45
- Тип конденсатора: К373Н
- Количество проходов: 2
- Рабочая точка:
  - Темп. конденсации: 31 °C
  - Темп. воды на входе: 20 °C
  - Объемн. расход: 5,123 м³/ч
- Условия функционирования:
  - Переохл-е (после конд): 2 К
  - Коефф-т загрязнения: 0,00004 м²К/Вт

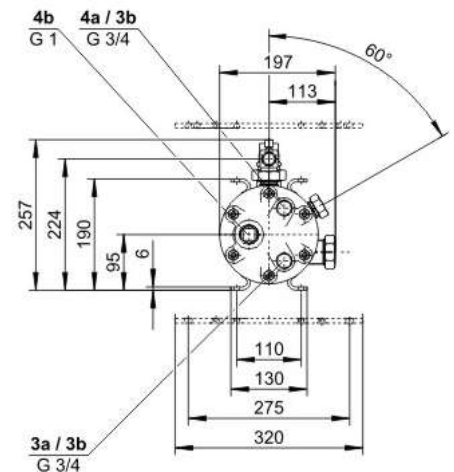
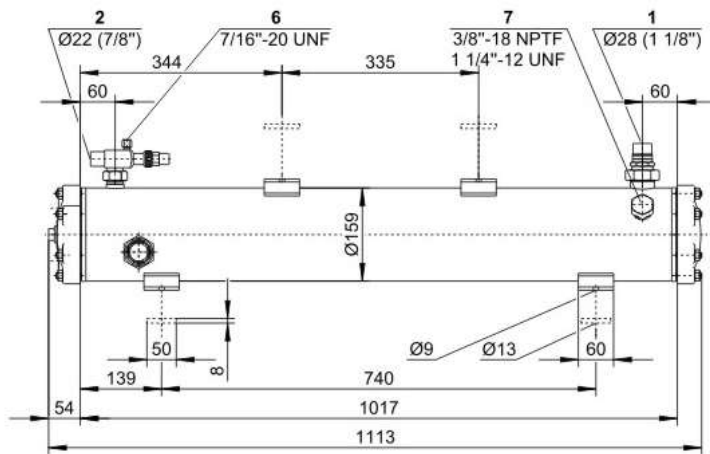
On the right, a 3D model of the condenser is shown with a schematic diagram. The schematic indicates inlet water temperatures of 27.6°C and 20.0°C, and outlet water temperatures of 31.0°C and 28.6°C. The model is identified as 'К373Н (100%)'.

Below the model, a table of technical data is provided:

Тип конденсатора	К373Н
Количество проходов	2
Производительность конденсатора	45,1 kW
Макс. допустим. произв-ть	77,7 kW
Тконденсации SCT	31,0 °C
темп. воды на выходе	27,6 °C
Объемн. расход	5,12 м³/ч
Мин. объемн. расход	2,14 м³/ч
Макс. объемн. расход	10,71 м³/ч
Скорость потока	1,20 м/с
Падение давления	0,11 bar

Рис. 10 – Конденсатор для камери заморозки та зберігання вершкового масла

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Сімороз В.О.</i>			<i>Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
					ХМ-4-12ск		



## Технические данные

K373H

## Технические параметры

Вес	35 kg
Общая ширина	1113 mm
Общая высота	257 mm
Наружный диаметр корпуса	159 mm
Подвод хладагента	28 mm - 1 1/8"
Выход хладагента	22 mm - 7/8"
Подвод охладителя (2 прохода)	2 x 3/4"
Выход охладителя (2 прохода)	1"
Подвод охладителя (4 прохода)	3/4"
Выход охладителя (4 прохода)	3/4"
Полезный объём хладагента	14,5 dm <sup>3</sup>
Макс. наполн. хладагентом 90% при 20 C	
R22	15,8 kg
R134a	16,0 kg
R407C	15,1 kg
R404A/R507A	13,9 kg
Присоединение большего подвода	35 mm - 1 3/8"

## Параметры масла

Адаптер для предохранительного клапана	Option
Две монтажные шины (сверху)	Option
Две монтажные шины (снизу)	Option

Рис. 11 – Технічні характеристики K373H

**Конденсатор для системы охлаждения льдяной воды**

Дійсне навантаження на конденсатор  $Q_{К.Д.(ЛВ)} = 408,72(\text{кВт})$

При підборі конденсатора використано програму компанії Bitzer (рис. 12.).  
До встановлення приймаємо 4-х ходовий конденсатор K3803T (рис. 13).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Конденсаторы с вод. охлад.

Серии Стандарт

Хладагент R404A

Охладитель Вода

Концентрация в воде 0

Выбор конденсатора

Произв-ть 415

Тип конденсатора K3803T

Количество проходов 4

Рабочая точка

Темп. конденсации 31 °C

Темп. воды на входе 20 °C

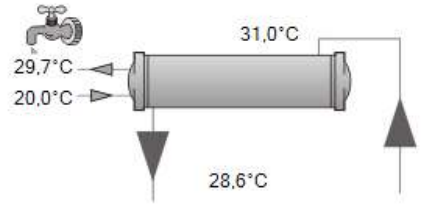
Объемн. расход 36,862 м³/ч

Условия функционирования

Переохл-е (после конд) 2 K

Кэфф-т загрязнения 0,00004 м²K/W

Показать Общий обзор



K3803T (100%)

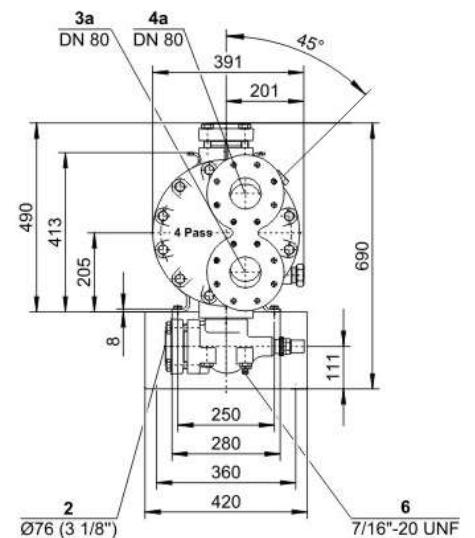
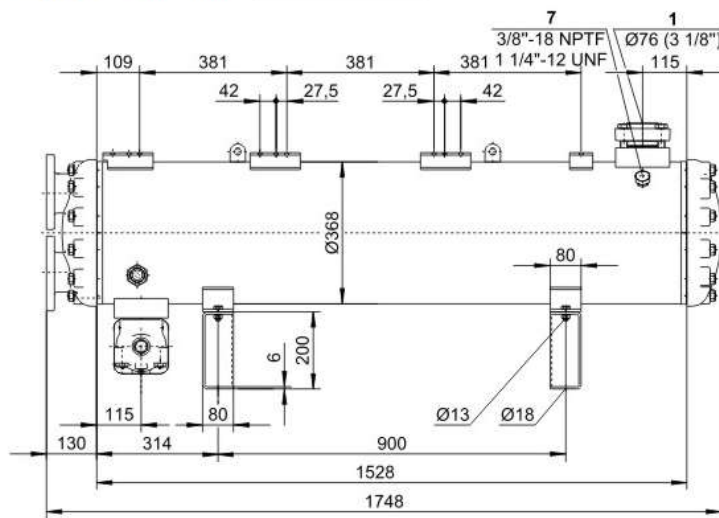
Результат Пределы Технические данные Размеры Информация Документация

↑ Тип конденсатора	<b>K3803T</b>
↓ Количество проходов	4
Производительность конденсатора	415 kW
Макс. допустим. произв-ть	563 kW
Тконденсации SCT	31,0 °C
темп. воды на выходе	29,7 °C
Объемн. расход	36,9 м³/ч
Мин. объемн. расход	8,11 м³/ч
Макс. объемн. расход	40,6 м³/ч
Скорость потока	2,27 м/с
Падение давления	0,67 bar

Рис. 12 – Підбір конденсатора для системи охолодження льодяної води

Размеры и соединения

K3803T



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Технические данные	
К3803Т	
Технические параметры	
Вес	332 kg
Общая ширина	1748 mm
Общая высота	690 mm
Наружный диаметр корпуса	368 mm
Подвод хладагента	76 mm - 3 1/8"
Выход хладагента	76 mm - 3 1/8"
Подвод охладителя (2 прохода)	NW 100
Выход охладителя (2 прохода)	NW 100
Подвод охладителя (4 прохода)	NW 80
Выход охладителя (4 прохода)	NW 80
Полезный объем хладагента	108,0 dm <sup>3</sup>
Макс. наполн. хладагентом 90% при 20 C	
R22	117,6 kg
R134a	119,2 kg
R407C	112,6 kg
R404A/R507A	103,8 kg
Параметры масла	
Адаптер для предохранительного клапана	Option
Две монтажные шины (сверху)	Option
Две монтажные шины (снизу)	Standard

Рис. 13 – Технічні характеристики К3803Т

### Конденсатор для охлаждения помещений с температурой 4°C

Дійсне навантаження на конденсатор  $Q_{к.д.} = 39,23$ (кВт)

При підборі конденсатора використано програму компанії Bitzer (рис. 14.).

До встановлення приймаємо 2-х ходовий конденсатор К373Н (рис. 15).

BITZER Software v6.4.4 rev1464

Проект    Способ    Опции    Окно

Украина    Русский    SI

Конденсаторы с вод. охлад.

Серии: Стандарт

Хладагент: R404A

Охладитель: Вода

Концентрация в воде: 0

Выбор конденсатора

Произв-ль: 42

Тип конденсатора: К373Н

Количество проходов: 2

Рабочая точка

Темп. конденсации: 31 °C

Темп. воды на входе: 20 °C

Объемн. расход: 4,542 м³/ч

Условия функционирования

Переохл-е (после конд): 2 K

Козэф-т загрязнения: 0,00004 м²/К

Показать Общий обзор

К373Н (100%)

28,0°C, 20,0°C, 31,0°C, 28,6°C

Результат: Пределы, Технические данные, Размеры, Информация, Документация

↑ Тип конденсатора	К373Н
↓ Количество проходов	2
Производительность конденсатора	42,1 kW
Макс. допустим. произв-ть	77,7 kW
Тконденсации SCT	31,0 °C
темп. воды на выходе	28,0 °C
Объемн. расход	4,54 м³/ч
Мин. объемн. расход	2,14 м³/ч
Макс. объемн. расход	10,71 м³/ч
Скорость потока	1,06 м/с
Падение давления	0,09 bar

Рис. 14 – Підбір конденсатора для охолодження приміщень з температурою 4°C

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



$$\Delta t_{сер} = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{2,3 \cdot \ln \frac{t_{s1} - t_0}{t_{s2} - t_0}} = \frac{5 - 0,5}{2,3 \cdot \ln \frac{5 - (-3)}{0,5 - (-3)}} = 2,34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $t_{s1}$ ,  $t_{s2}$ ,  $t_0$  – відповідно температура води на вході, виході з випарника та кипіння.

Приймаємо:  $t_{s1} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_{s2} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_0 = -3 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Розраховую необхідну площу теплообміну:

$$F = \frac{Q_{лв}}{k \cdot \Delta t_{сер}} = \frac{221326}{1400 \cdot 2,34} = 67,56 \text{ м}^2$$

Приймаю плівковий випарник фірми BUCO BWP-A-17M. Ескіз вказаного апарату наводжу на рис. 16.

Габаритні розміри: однієї пластини -1500×1500 мм ( $F_{1п} = 4,5 \text{ м}^2$ ); кількість пластин  $n = 16$ ; тип пластин – М; А=1986 мм; В=1211 мм; С=1815 мм; D=431мм; об'єм по холодоагенту – 145 л; вага пустого – 735 кг; повна вага – 2005 кг.

Загальна площа теплообміну випарника:

$$F = n \cdot F_{1п} = 16 \cdot 4,5 = 72 \text{ м}^2$$

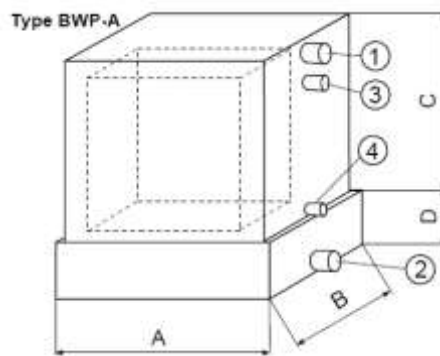


Рис. 16 – Ескіз плівкового випарника:

1 – вхід води, 2 – вихід води, 3 – вихід холодильного агента, 4- вхід холодоагенту

### **10.3. Розрахунок повітроохолодників**

Випарник для камери заморозки та зберігання вершкового масла:

Дійсне навантаження на випарник  $Q_{масла} = 13,494 \text{ (кВт)}$

Розраховую необхідну площу повітроохолодника:

$$F_{масла} = \frac{Q_{масла}}{k \times \Delta t} = 13494 / 13 \times 7 = 148,3 \text{ м}^2$$

До встановлення приймаю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 44454 площею поверхні теплопередачі  $F=163 \text{ м}^2$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.008.024.2022 ПЗ

**Випарник для камери зберігання молока, сметани та СОМ:**

Дійсне навантаження на випарник  $Q_{№3} = 6,014(\text{кВт})$

$$F_{№2} = \frac{Q_{№2}}{k \times \Delta t} = 6014 / 13 \times 9 = 51,4 \text{ м}^2$$

До встановлення приймаю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 44304 площею поверхні теплопередачі  $F=58 \text{ м}^2$

**Випарники для експедиції та автомобільної платформи:**

Дійсне навантаження на випарники  $Q_{№4} = 7,849(\text{кВт})$

$$F_{№3} = \frac{Q_{№3}}{k \times \Delta t} = 7849 / 13 \times 9 = 67,1 \text{ м}^2$$

До встановлення приймаю підвісний повітроохолодник Goedhart CCD 45304 площею поверхні теплопередачі  $F=73 \text{ м}^2$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 11. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

## 11.1 Розрахунок лінійного ресивера

### Лінійний ресивер для камери заморозки та зберігання вершкового масла

Ємність лінійного ресивера в схемах з нижньою подачею фреону в прилади охолодження при умові заповнення її не більше ніж 80% розраховується:

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot \sum V_{no}$$

$V_{no}$  - внутрішній об'єм труб повітроохолодників, м<sup>3</sup>.

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot 29 = 17,4 \text{ дм}^3$$

До встановлення приймаю горизонтальний лінійний ресивер фірми Bitzer F202H об'ємом  $V_{л.р.} = 20 \text{ дм}^3$ .

Ескіз підбраного лінійного ресивера наведено на рис. 17.

F102H .. F552T / F1052T

F202H .. F552T / F1052T

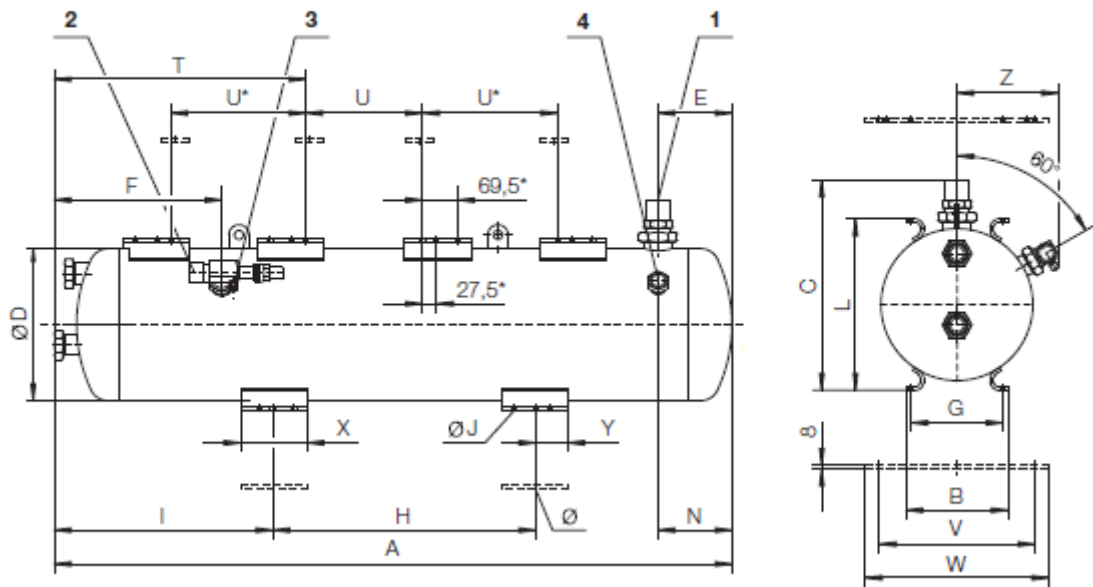


Рис. 17 – Ескіз ресивера F302H

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сімороз В.О.			Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильних установок		
Перевір.		Мирошник М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					ХМ-4-12ск		

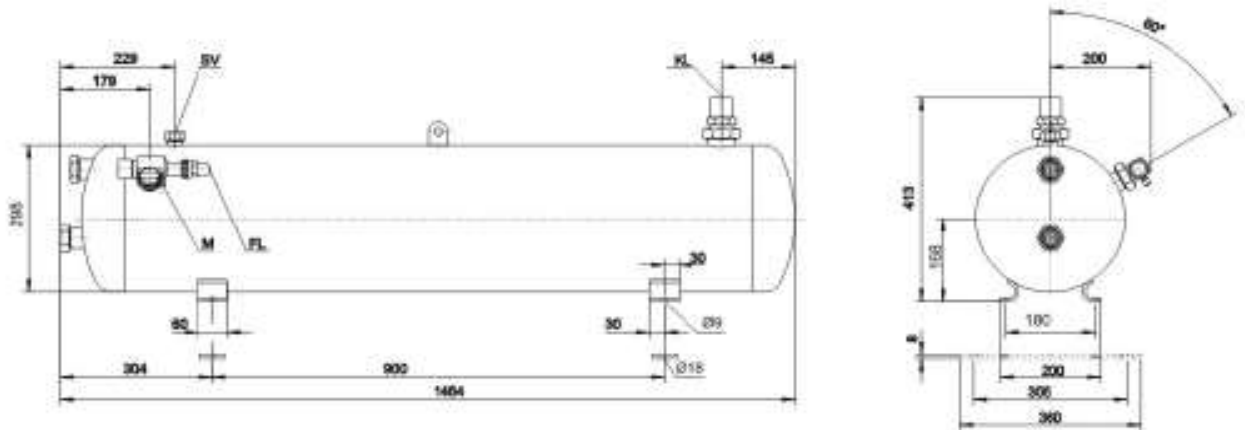
## Лінійний ресивер для системи охолодження льодяної води

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot \sum V_{пл}$$

$V_{пл}$  - внутрішній об'єм плівкового теплообмінника (145 л);

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot 0,145 = 0,087 \text{ м}^3$$

До встановлення приймаю горизонтальний лінійний ресивер фірми Bitzer F902N об'ємом  $V_{л.р.} = 0,089 \text{ м}^3$ . Технічна інформація та ескіз наведено на рис. 18.



### Технические данные

#### Технические параметры

Вес	73,7 kg
Общая ширина	1464 mm
Общая глубина	349 mm
Общая высота	413mm
Полезный объем хладагента	89,0 l
Макс. наполн. хладагентом 90% при 20 C	20°C
R22	96,9 kg
R134a	98,2 kg
R407C	92,8 kg
R404A/R507A	85,6 kg
Впускное присоединение KL	42mm - 1 5/8"
Присоединение резьбовое/ фланцевое	2 1/4" - 12 UN
Выпускное присоединение FL	35mm - 1 3/8"
Присоединение резьбовое/ фланцевое	1 3/4" - 12 UNF
Манометр	7/16" 20UNF
Присоединение для предохранительного клапана давления	1 1/4"-12UNF
Адаптер для предохранительного клапана	Option
Датчик минимального уровня	Option
Датчик максимального уровня	Option
Электронный датчик уровня жидкости	Option
Сертификация в соответствии с PED 97/23/EC	Standard
Специальная сертификация (по запросу)	Option

Рис. 18 – Технічні характеристики ресивера F902N

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Лінійний ресивер для системи, яка працює на охолодження приміщень з температурою 4°C**

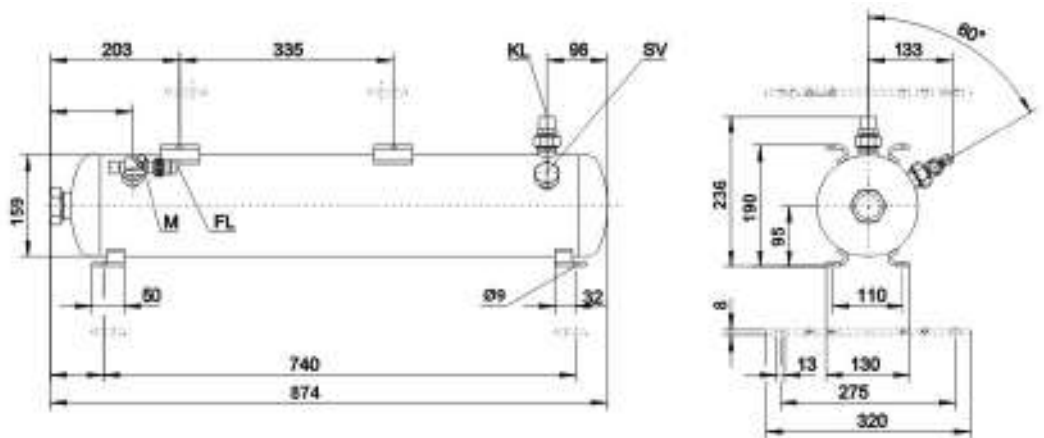
$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot \sum V_{no}$$

$V_{no}$  - внутрішній об'єм труб повітроохолодників, м<sup>3</sup>.

$$V_{не} = \sum V_i = 11 + 14 = 25 \text{ дм}^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ дм}^3$$

До встановлення приймаю горизонтальний лінійний ресивер фірми Bitzer F152H об'ємом  $V_{л.р.} = 15 \text{ дм}^3$ . Технічна інформація та ескіз наведено на рис. 19.



**Технические данные**

Технические параметры

Вес	15,5 kg
Общая ширина	874 mm
Общая глубина	212,5 mm
Общая высота	236mm
Полезный объём хладагента	15,0 l
Макс. наполн. хладагентом 90% при 20 C	20°C
R22	16,3 kg
R134a	16,6 kg
R407C	15,6 kg
R404A/R507A	14,4 kg
Впускное присоединение KL	22mm - 7/8"
Присоединение резьбовое/ фланцевое	1 1/4" - 12 UNF
Выпускное присоединение FL	16mm - 5/8"
Присоединение резьбовое/ фланцевое	1" - 14 UNS
Манометр	7/16" 20UNF
Присоединение для предохранительного клапана давления	1 1/4"-12UNF
Адаптер для предохранительного клапана	Option
Датчик минимального уровня	Option
Датчик максимального уровня	Option
Сертификация в соответствии с PED 97/23/EC	Standard
Специальная сертификация (по запросу)	Option

Рис. 19 – Технічні характеристики ресивера F152H

					00 KP 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11.2. Мастиловіддільники

### Мастиловіддільник для камери заморозки та зберігання вершкового масла

Мастиловіддільники підбирають по діаметру магістрально нагнітального трубопроводу, який з'єднує компресори та конденсатор.

Розраховую діаметр нагнітальної магістралі:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum M_{(-27)} \cdot v_{2p}}{\pi \cdot \omega}}$$

де  $v_{2p}$  – питомий об'єм парів холодильного агенту після нагнітання, м<sup>3</sup>/кг;

$\omega$  – швидкість руху холодильного агенту в нагнітальній магістралі (18 м/с).

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 0,123 \cdot 0,0161}{\pi \cdot 18}} = 0,0167 \text{ м}$$

Проте діаметр нагнітального трубопроводу компресора 28 мм. Щоб не робити переходів на менші діаметри, приймаємо магістральний мідний трубопровід зовнішнім діаметром 28 мм та товщиною стінки 1.5 мм.

Встановлюємо один центральний мастиловіддільник фірми Castel 5540/9 з діаметрами патрубків по холодильному агенту 28 мм.

### Мастиловіддільник для системи охолодження льодяної води

Розраховую діаметр нагнітальної магістралі:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum M_{(-3)} \cdot v_{2p}}{\pi \cdot \omega}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 1,32 \cdot 0,0149}{\pi \cdot 18}} = 0,052 \text{ мм}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу компресора 54 мм та товщиною стінки 2 мм.

Встановлюю один центральний мастиловіддільник фірми Bitzer OA1954 з діаметрами патрубків по холодильному агенту 54 мм.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				

## Мастиловіддільник системи для охолодження приміщень з температурою 4°C

Знайдемо діаметр нагнітальної магістралі:

$$d_{\text{BH}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum M_{(-5)} \cdot v_{2p}}{\pi \cdot \omega}}$$

$$d_{\text{BH}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 0,1245 \cdot 0,0151}{\pi \cdot 18}} = 0,016 \text{ мм}$$

Приймаю магістральний мідний трубопровід зовнішнім діаметром 22 мм та товщиною стінки 1 мм.

Встановлюю один центральний мастиловіддільник фірми CASTEL 5540/7 з діаметрами патрубків по холодильному агенту 22 мм.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 12. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів

### 12.1. Розрахунок діаметрів трубопроводів

Частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Розраховую внутрішній діаметр круглої труби:

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

де  $v$  – питомий об'єм парів холодильного агенту,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\omega$  – швидкість руху холодильного агенту,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$M$  – масова витрата холодильного агенту  $\text{кг}/\text{с}$ .

### **Магістральні трубопроводи для камери заморозки та зберігання масла:**

#### Всмоктувальна магістраль:

$$M = 2 \cdot 0,123 = 0,246 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\omega = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{відповідно до таблиць з літератури.}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,246 \cdot 0,0897}{\pi \cdot 12}} = 0,048 \text{ м}$$

Приймаю мідний трубопровід зовнішнім діаметром 54 мм та товщиною стінки 2 мм.

#### Нагнітальна магістраль:

Діаметр магістрального нагнітального трубопроводу визначено в 11.2. і складає 28 мм та товщиною стінки 1.5 мм.

#### Рідинна магістраль:

$$\omega = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{відповідно до таблиць з літератури.}$$

$$\rho_p = 1020 \text{ кг}/\text{м}^3 - \text{густина рідкого холодоагенту R404A.}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,246}{\pi \cdot 1,25 \cdot 1020}} = 0,0157 \text{ м}$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мирошник М.М.			<b>Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рябчук О.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						ХМ-4-12ск		

Приймаю мідний трубопровід зовнішнім діаметром 18 мм та товщиною стінки 1 мм.

### **Магістральні трубопроводи для системи охолодження льодяної води:**

#### Всмоктувальна магістраль:

$$M = 2 \cdot 1,32 = 2,64 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\omega = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{відповідно до таблиць з літератури.}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,64 \cdot 0,039}{\pi \cdot 12}} = 0,104 \text{ м}$$

Приймаю мідний трубопровід  $d_y = 125 \text{ мм}$ ;  $d_z = 133 \text{ мм}$ ;  $d_{\text{вн}} = 127 \text{ мм}$ .

#### Нагнітальна магістраль:

Діаметр магістрального нагнітального трубопроводу визначено в 11.2. і складає 54 мм та товщиною стінки 2 мм.

#### Рідинна магістраль:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,64}{\pi \cdot 1,25 \cdot 1020}} = 0,051 \text{ м}$$

Приймаю мідний трубопровід зовнішнім діаметром 64 мм та товщиною стінки 2 мм.

### **Магістральні трубопроводи для системи охолодження приміщень з температурою 4°C:**

#### Всмоктувальна магістраль:

$$M = 2 \cdot 0,1245 = 0,249 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,249 \cdot 0,042}{\pi \cdot 12}} = 0,033 \text{ м}$$

Приймаю мідний трубопровід зовнішнім діаметром 42 мм та товщиною стінки 1,5 мм.

#### Нагнітальна магістраль:

Діаметр магістрального нагнітального трубопроводу визначено в 11.2. і складає 22 мм та товщиною стінки 1 мм.

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					

Рідинна магістраль:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,249}{\pi \cdot 1,25 \cdot 1020}} = 0,0157 \text{ м}$$

Приймаю мідний трубопровід зовнішнім діаметром 18 мм з товщиною стінки 1 мм.

### **Магістральні трубопроводи подачі льодяної води ( $t_{\text{ЛВ}} = 1^\circ\text{C}$ )**

Об'ємну витрату води на плівковий теплообмінник, що відповідає сумарній витраті на всіх споживачів, знайду через теплове навантаження на випарник:

$$Q_{\text{ЛВ}} = M \cdot c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) = V_{\text{ЛВ}} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}),$$

де  $V_{\text{ЛВ}}$  – витрата води через апарат,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\rho$  – середня густина води ( $998 \text{ кг}/\text{м}^3$ );  $c$  – теплоємність води ( $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ );  $t_{\text{вх}}$  та  $t_{\text{вих}}$  – температура води на вході та виході з випарника відповідно ( $t_{\text{вх}} = 5^\circ\text{C}$  та  $t_{\text{вих}} = 0,5^\circ\text{C}$ ).

Витрата води становить:

$$V_{\text{ЛВ}} = \frac{Q_{\text{ЛВ}}}{c \cdot \rho \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{221,326}{4,19 \cdot 998 \cdot (5 - 0,5)} = 0,0117 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 42,34 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Визначаємо діаметр нагнітального трубопроводу:

$$\omega = 1,7 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{відповідно до таблиць з літератури.}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0117}{\pi \cdot 1,7}} = 0,093 \text{ м}$$

Приймаю сталевий трубопровід  $d_3 = 114 \text{ мм}$ ;  $d_{\text{вн}} = 100 \text{ мм}$ .

### **Магістральні трубопроводи подачі води до конденсаторів**

Загальна витрата води через конденсатори відповідає сумарній витраті через кожен апарат:

$$V_6 = 5,12 + 36,9 + 4,54 = 46,56 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,0129 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Визначаємо діаметр нагнітального трубопроводу:

$$\omega = 1,7 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{відповідно до таблиць з літератури.}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0129}{\pi \cdot 1,7}} = 0,098 \text{ м}$$

Арк.

00 КР 142.008.024.2022 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Приймаю сталевий трубопровід  $d_3 = 114 \text{ мм}$ ;  $d_{\text{вн}} = 100 \text{ мм}$ .

## 12.2. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

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

Сумарні гідравлічні опори при проходженні в трубах або апаратах складаються з втрат тертя ( $\Delta P_{\text{тр}}^{\partial\phi}$ ), місцевих опорів ( $\Delta P_{\text{м}}^{\partial\phi}$ ), прискорення потоку ( $\Delta P_{\text{п}}^{\partial\phi}$ ) та на зниження або підвищення тиску через вплив статичного напору стовпа рідини ( $\Delta P_{\text{ст}}^{\partial\phi}$ ).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{\text{тр}}^{\partial\phi} + \Delta P_{\text{м}}^{\partial\phi} + \Delta P_{\text{п}}^{\partial\phi} + \Delta P_{\text{ст}}^{\partial\phi}$$

При розрахунку гідравлічних опорів необхідно враховувати режим течії рідини в трубах апаратів.

Розраховуємо втрати тиску в трубопроводі подачі льодяної води від насосу до споживачів.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

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

Місцеві втрати:

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

де  $\frac{\rho \omega^2}{2}$  – динамічний тиск потоку.

$$\sum \xi_{\text{м}} = \xi_{\text{зв.кл}} + \xi_{\text{відв.90}^\circ} + \xi_{\text{кол.}} = 5 + 3 + 1 = 9$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				

де  $\xi_{зв.кл.}$ ,  $\xi_{відв.90^\circ}$ ,  $\xi_{кол.}$  – місцеві втрати від зворотнього клапана, коліна і відводу  $90^\circ$ .

Швидкість руху води в трубопроводі ДУ 100:

$$\omega = 1,56 \frac{м}{с}$$

$$Z = 9 \cdot \frac{998 \cdot 1,56^2}{2} = 10929 \text{ Па}$$

Розраховую число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,56 \cdot 0,119 \cdot 998}{1,792 \cdot 10^{-3}} = 103386$$

Визначаю коефіцієнт шорсткості:

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left( \frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,06}{0,119} + \frac{64}{103386} \right)^{0,25} = 0,093$$

де  $k$  – шорховатість труб ( для нових сталевих труб  $k = 0,06$ ).

Визначаю втрати тиску від тертя по довжині трубопроводу в  $L=44$  м:

$$\Delta P_{mp} = \frac{\lambda_{mp}}{d} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} \cdot L = \frac{0,093}{0,119} \cdot \frac{998 \cdot 1,56^2}{2} \cdot 44 = 41757 \text{ Па}$$

Визначаю загальну втрату тиску:

$$\Delta P_H = 10929 + 41757 = 52686 \text{ Па}$$

Приймаю, що втрати тиску в трубопроводі повернення льодяної води від споживачів до плівкового випарника дорівнюють втратам в нагнітальному трубопроводі. Приймаю:

$$\Delta P_{вс} = 52686 \text{ Па}$$

Приймаю, що насоси в машинному відділенні знаходяться біля підлоги, а обв'язка трубопроводів знаходиться по-під стелею. Відповідно повний напір насосу повинен бути:

$$H = h_n - h_{вс} + \frac{\Delta P_{вс}}{\rho \cdot g} + \frac{\Delta P_H}{\rho \cdot g} = 6 - 3 + 2 \cdot \frac{52686}{998 \cdot 9,81} = 7,76 \text{ м}$$

де  $h_n$  – гідростатичний рівень рідини на стороні нагнітання (6 м);  $h_{вс}$  – гідростатичний рівень рідини на стороні всмоктування (3 м);  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					

### 12.3. Підбір водяного насосу для подачі льодяної води

В холодильних схемах установок з проміжним теплоносієм для перекачування останнього використовують електронасоси. Насос встановлюється якомога ближче до баку з оборотною водою.

Насос для перекачування рідин підбирають по основним параметрам: подачі  $V$  м<sup>3</sup>/с та напору  $H$  (м).

Потрібний напір насоса  $H=7,76$  м.

Потрібна подача насоса  $V=0,0117 \frac{м^3}{с} = 42,34 \frac{м^3}{год}$

Обираємо 2 насоси SAER IR40-160NC/A: 1 робочий та 1 резервний (номінальна подача – 45 м<sup>3</sup>/год; напір – 16 м; номінальна потужність двигуна – 4 кВт; швидкість обертання - 2900 об/хв).

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13. Розрахунок техніко-економічних показників

Метою економічного розрахунку дипломного проекту є визначенні вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат за використану електроенергію, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників ефективності проекту.

При проектуванні маслозаводу виконуються наступні роботи:

- будівництво холодильника;
- будівництво компресорних площадок;
- вибір та придбання холодильного обладнання;
- укомплектування штату виробничого персоналу холодильної установки;
- інше.

#### 13.1. Визначення кількості виробленого холоду

Витрати на виробництво холоду при різноманітних температурах кипіння нерівноцінні, тому їх слід приводити до умовної величини – приведенного виробництва холоду, яка визначається як сума добутків кількості виробленого холоду при робочих умовах на коефіцієнт переводу. Величина переводного коефіцієнту приймається в залежності від робочої температури.

Розраховую приведену холодопродуктивність компресорів для камери заморозки та зберігання вершкового масла:

$$Q_{0\text{зам}} = Q_{\text{зам}} \cdot k_{-27} = 14,69 \cdot 1,59 = 23,36 \text{ кВт.}$$

Розраховую приведену холодопродуктивність компресорів для охолодження льодяної води:

$$Q_{0\text{лв}} = Q_{\text{лв}} \cdot k_{-3} = 309,86 \cdot 0,56 = 173,52 \text{ кВт.}$$

Розраховую приведену холодопродуктивність компресорів для охолодження приміщень з температурою 4°C:

$$Q_{0\text{зб}} = Q_{\text{мол}} \cdot k_{-5} = 14,85 \cdot 0,61 = 9,06 \text{ кВт.}$$

					<i>00 КР 142.008.024.2022 ПЗ</i>		
		<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Сімороз В.О.</i>			<i>Розрахунок техніко- економічних показників</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>					<b>ХМ-4-12ск</b>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Петренко В.П.</i>						

Приймаю, що час роботи обладнання до сервісного ремонту при максимальному навантаженні складає 5400 годин на рік.

Кількість виробленого приведенного холоду за рік буде складати:

$$Q_0 = (23,36 + 173,52 + 9,06) \cdot 5400 = 1112076 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

### 13.2. Замовна специфікація на обладнання

Разом вартість обладнання буде складати 2504,88 тис. грн. Розрахунки та специфікація знаходиться у таблиці 13.1.

Таблиця 13.1. – Замовна специфікація на обладнання холодильної установки

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн.	Кількість, шт	Вартість, тис. грн.
1.	Компресори 4JE-15Y	Bitzer	105,9	3,2	2	215
2.	Компресори 8FE-70Y	Bitzer	247,5	5	2	500
3.	Компресори 4EES-4Y	Bitzer	81,75	1,5	2	165
4.	Конденсатор K373H	Bitzer	43,11	0,88	2	87
5.	Конденсатор K3803T	Bitzer	336,24	3,76	1	340
6.	Плівковий теплообмінник BWP-A-17MN	BUCO	185	5	1	190
7.	Повітроохолоджувач CCD 44454	Goedhart	201	2	1	203
8.	Повітроохолоджувач CCD 44404	Goedhart	125,82	1,18	1	127
9	Повітроохолоджувач CCD 45304	Goedhart	103,14	1,86	1	105
10.	Ресивер F202H	Bitzer	13,59	0,41	1	14
11.	Ресивера F902N	Bitzer	34,44	1,56	1	36
12.	Ресивера F152H	Bitzer	11,46	0,54	1	12
13.	Маслиловіддільник 5540/7	CASTEL	5	0,1	1	5,1
14.	Маслиловіддільник 5540/9	CASTEL	6,2	0,1	1	6,3
15	Маслиловіддільник OA1954	Bitzer	64,47	0,53	1	65
16.	Водяний насос IR40-160NC/A	SAER	8,2	0,6	2	17
17.	Система трубопроводів, арматури та автоматизації		20%	-	-	417,48
<b>Разом</b>						2504,88

### Статті витрат

#### 13.3. Витрати на оплату електроенергії

В даній статті розраховую витрати, які пов'язані з електроенергією для приводів компресорів та вентиляторів, що встановлені на основному холодильному обладнанні.

Розраховую річне споживання електроенергії:

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

$$W = \sum N_e \cdot K_c \cdot n, \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

де  $N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_c$  - коефіцієнт використання;

$n$  – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

Наводжу перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії у таблиці. 13.2.

Таблиця 13.2. – Розрахунок витрат електроенергії.

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Час роботи, год.	Кіл-сть, шт	Спожита електроенергія, кВт·год
1.	Компресори 4JE-15Y	19	5400	2	205200
2.	Компресори 8FE-70Y	78	5400	2	842400
3.	Компресори 4EES-4Y	6,9	5400	2	74520
4.	Повітроохолоджувач CCD 44454	0,375	3000	4	4500
5.	Повітроохолоджувач CCD 44404	0,16	3000	4	1920
6.	Повітроохолоджувач CCD 45304	0,073	3000	5	1095
7.	Водяний насос IR40-160NC/A	4	5400	2	43200
<b>Разом</b>					<b>1172835</b>

Тариф оплати за електроенергію складає 3,2 грн. за кВт·год. Тоді витрати на оплату електроенергії складатиме

$$1172835 \cdot 3,2 = 3753,072 \text{ тис. грн.}$$

#### 13.4. Витрати на поповнення системи холодоагентом

Витрати знаходяться у прямій залежності від продуктивності компресорів. Приймаю згідно рекомендацій норму витрати фреону на поповнення системи за рік для компресорів, що працюють на безпосереднє охолодження складає 3,1 кг/(ст.кВт).

Витрати на поповнення системи, за умов вартості R404a 422 грн./кг будуть складати:

$$B_{404a} = (23,36 + 173,52 + 9,06) \cdot 3,1 \cdot 422 = 269,41 \text{ тис. грн.}$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

### 13.5. Витрати на поповнення системи мастилом

Незважаючи на те, що після кожного компресору встановлено мастиловіддільники, мастило все-таки виноситься з компресів в систему. З часом мастило повертається до компресора, але якась кількість його «залягає» в трубах. Кількість мастила, що потрібно дозаправити в систему обумовлено об'ємом системи.

Приймаю, що кожного року будемо проводити заміну мастила в компресорах. Перша дозаправка мастила буде дорівнювати об'єму мастила в компресорах.

Тоді потреба в мастилі:

2 компресори 4JE-15Y (4 л)

$$M = 2 \cdot 4 = 8 \text{ л}$$

3 компресори 8FE-70Y (5 л)

$$M = 3 \cdot 5 = 15 \text{ л}$$

2 компресори 4EES-4Y (2 л)

$$M = 2 \cdot 2 = 4 \text{ л}$$

Витрати на поповнення системи мастилом для поршневих компресорів, при ціні на мастило 577 грн/л складатиме:

$$V_{\text{гв.мас}} = (8+15+4) \cdot 577 = 12,694 \text{ тис. грн.}$$

### 13.6. Витрати на заробітну плату

Заробітну платню виробничих робітників розраховують по кожному розряду з врахуванням премії та доплат за роботу у нічний час і святкові дні.

Чисельність робочого персоналу компресорного цеху приймаю в залежності від ступеня автоматизації установки, кількості компресорів та їх загальної продуктивності.

При комплексній автоматизації фреонових холодильної установки, кількості компресорів 7 шт. приймається лише 4 машиніста (табл. 13.3).

Фонд додаткової заробітної плати:  $\Phi\text{ДЗП} = \Phi\text{ОЗП} \cdot 0,08$

$$\Phi\text{ДЗП} = 460,8 \cdot 0,08 = 36,864 \text{ тис. грн.}$$

Повний фонд заробітної плати:  $\Phi\text{ЗП} = \Phi\text{ОЗП} + \Phi\text{ДЗП}$

$$\Phi\text{ЗП} = 460,8 + 36,864 = 497,664 \text{ тис. грн.}$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



13.10. Визначення цехової собівартості одиниці виробленого холоду.

Собівартість стандартної одиниці виробленого холоду:

$$C=3886,855 \cdot 10^3 / 1112076 = 3,49 \text{ грн./ст.кВт}\cdot\text{год.}$$

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 14. Охорона праці

Темою дипломного проекту передбачено будівництво нового маслозаводу продуктивністю 25 т/добу у м. Дніпропетровськ із високоякісних та високотехнологічних будівельних матеріалів. Виробництво холоду буде здійснюватись сучасним обладнанням від виробників, що створюють та постійно підтримують репутацію свого бренду, розвиваючи та удосконалюючи його.

Рішення, які відображенні у проекті, необхідні для забезпечення надійності роботи виробництва, запобігання виробничого травматизму та виключення або ж мінімізація рівня шкідливості умов роботи виробничого персоналу.

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

### Умови праці

Маслозавод у м. Дніпропетровськ проектується із застосуванням сучасного холодильного обладнання, що має високий рівень автоматизації. Фреонова холодильна установка, що забезпечує потребу підприємства у холоді, влітку працюватиме не менше 20 годин на добу, а її робота є джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал даної установки. Електрощитова розташована в будівлі, пункт управління та контролю холодильною установкою розташований в приміщенні операторів холодильної установки в тій ж будівлі.

Компресорно-конденсаторні агрегати (3 агрегати на базі поршневих фреонових напівгерметичних компресорів з ресиверами та водяними конденсаторами) розміщено на вулиці під навісами. Компресорні площадки огорожені сіткою рабицею.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Охорона праці</i>		
Розробив		Сімороз В.О.					
Перевірів		Мирошник М.М.					
Рецензент							
Н. Контр.							
Затвердив		Петренко В.П.			Літ.	Арк.	Аркушів
					ХМ-4-12ск		

Шкідливі виробничі фактори на компресорній площадці:

- високий рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- можлива загазованість повітря.

Небезпечні виробничі фактори:

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

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

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

**Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів**

Розміщення устаткування холодильного обладнання відповідає вимогам нормативних документів галузі. Зони агрегатів прибудовані до холодильних камер і огорожені сіткою.

З компресорних площадок є по два виходи назовні. Двері відчиняються у бік виходу і не виходять безпосередньо у виробничі приміщення чи в зв'язані з ними коридори та сходові майданчики. Висота компресорних площадок до низу

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.008.024.2022 ПЗ

несучих конструкцій покриття або до виступаючих частин обладнання (трубопроводів) більше 2,2 м.

На території компресорних площадок встановлено по одному компресорно-конденсаторному агрегату, які включають: лінійний ресивер, компресори Bitzer 4JE-15Y, 8FE-70Y, 4EES-4Y та кожухотрубний водяний конденсатор. Відстань між виступаючими частинами агрегатів – не менше 0,5 м, обладнанням та стіною — не менше 0,6 м, головний прохід – не менше 1,3 м.

Підлога даних відділень є рівною, неслизькою. Холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими нормативами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

### Повітря робочої зони

#### *Мікроклімат*

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується «ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату в виробничих приміщеннях». В пункті управління — оптимальні параметри для категорій робіт середньої тяжкості – Іб (табл. 14.1.).

Табл. 14.1

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

Досягнення цих параметрів забезпечується загальною обмінною механічною припливно-витяжною вентиляцією в теплий період року, з підігрівом повітря в холодний період року. В пункті управління передбачено систему повітряного опалення, суміщеній з припливною вентиляцією, без рециркуляції повітря, кратність повітрообміну за годину: приток – 2 обсяги, витяжка – із перевищенням притоку на 1 обсяг. Повітря видаляється в атмосферу без очищення.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ				

### *Чистота повітря (загазованість повітря)*

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

Чистота повітря виробничого середовища є важливим фактором підтримання стабільної працездатності працівників, формування у них позитивного ставлення до роботи, підвищення продуктивності праці. Велика кількість виробничих процесів супроводжується утворенням дрібних часточок твердих або рідких речовин, які утримуються в повітрі. Кількість домішок – газів, парів, пилу, які містяться в одному літрі або одному кубічному метрі повітря у грамах, характеризує ступінь забруднення виробничого середовища.

Найбільшу небезпеку становить пил, розмір часток якого не перевищує 5 мікрон. Попадаючи разом з повітрям в органи дихання, пил викликає захворювання слизової оболонки носа, гортані, трахеї, бронхів і легенів (риніти, катарі бронхів, бронхіальна астма). З органів дихання пил поступово попадає в рот та органи травлення.

### **Шум**

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресори (компресори фірми Bitzer 4JE-15Y, 8FE-70Y, 4EES-4Y) та рух холодильного агенту по трубопроводах з великою швидкістю.

Допустимий рівень шуму на компресорній площадці, що не перевищує норм, які приведені у ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», складає 75...103 дБ.

### **Вібрація**

Загальна технологічна вібрація не перевищує гранично допустимого значення – 108 дБ (ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. “Вибрационная безопасность.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Общие требования” ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації).

Компресорні агрегати встановлено на віброопорах та окремих фундаментах, що відокремлені від несучих конструкцій будівлі. Для зменшення впливу вібрації, що викликані роботою компресорів, додержуються таких умов: трубопроводи, які приєднуються до холодильної машини, не жорстко кріпляться до конструкцій будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсаційні пристрої; трубопроводи, які з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

### **Освітлення: природне та штучне**

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

На компресорних ділянках прийнято загальне штучне освітлення – світильники з лампами накаливання напругою 220 В. Для компресорної ділянки рівень освітленості становить 75 лк.

Для пульта керування та електрощитової прийнято загальне штучне освітлення — 100 лк. Біля щита управління передбачається місцеве освітлення (лампа розжарювання, рівень комбінованого освітлення 500 лк).

Аварійне освітлення робочої ділянки має незалежне джерело живлення (аккумуляторні батареї). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення.

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

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

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

00 КР 142.008.024.2022 ПЗ





## Заходи з пожежо- та вибухобезпеки

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

У відповідності із «НПАОП 0.00-1.51-88 Правила устройства и безопасной эксплуатации фреоновых холодильных установок» машинне відділення фреонових холодильних установок за вибухо-пожежонебезпекою відноситься до категорії Д, або до пожежонебезпечної зони — класу П-I, згідно ПВЕ.

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

*Система запобігання пожежі передбачає:*

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

*Система пожежного захисту включає:*

- двері повинні відчинятися у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02-87, СНиП 2.01.02-85. “Противопожарные нормы”);
- наявність системи оповіщення про пожежу;
- наявність аварійного відключення обладнання;

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.024.2022 ПЗ					

- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: двома лопатами, сокирами, металевим багром; пожежним щитом з азбестовим полотном, ящиком з піском; порошкові вогнегасники ВП-5 – 1 шт; вуглекислотні вогнегасники ВВ-5 (ВВК 3,5) – 1 шт.

- наявність плану евакуації.

					00 КР 142.008.024.2022 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 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 142.008.024.2022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		