

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

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Валентин ПЕТРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » _____ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Холодильні техніка та технології

на тему: холодозабезпечення фабрики морозива продуктивністю 30 т/надобу у м. Суми

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-12ск

Бігун Роман Романович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Бондар Володимир Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 31 ” березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бігун Роман Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодозабезпечення фабрики морозива продуктивністю 30 т/добу у м. Суми

керівник роботи доцент Бондар Володимир Іванович,

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717 аміак

Тип продукту Морозиво «Пломбір», «Крем-брюле», «Фруктовий лід»

Ізоляційний матеріал ПСБ-С

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника _____

2. Схема холодильної установки _____

Анотація

Анотація підготовлена до дипломного проекту на тему: «Проект холодозабезпечення фабрики морозива продуктивністю 30 т/добу у м. Суми». Ціллю, яка була поставлена при проектуванні даного проекту, є отримання максимальної енергетичної та економічної ефективності при експлуатації фабрики за визначеними технологічними умовами зберігання та термообробки продукції. В проекті мною було розраховано та спроектовано схему холодильної установки та проведено підбір холодильного обладнання відповідно до розрахунків. Розраховано та спроектовано будівлю фабрики морозива. Також в проекті наведено розрахунок та опис технології зберігання продукції, системи холодопостачання, проведено розрахунок та обрано основне та допоміжне обладнання.

Дипломний проект складається з наступних основних розділів: «технологія холодильного оброблення продукції», «визначення основних розмірів та планування приміщень», «розрахунок та підбір основного та допоміжного обладнання з наведеними технічними характеристиками»; «Техніко-економічні показники», де вказано загальні витрати на купівлю обладнання, витрати електроенергії та розрахована собівартість одиниці холоду; «Охорона праці», де наведено норми та вимоги до експлуатації обладнання (відповідно до завдання).

Креслення були виконанні за допомогою програми AutoCAD 2009.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Анотація</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Бігун Р.Р.</i>						
Перевір.		<i>Бондар В.І.</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

Зміст

Вступ.....	
1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.....	
1.1. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції.....	
2. Техніко-економічне обґрунтування	
3. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника.....	
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	
5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....	
6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори.	
7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.....	
8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.....	
9. Вибір теплообмінних апаратів	
10. Розрахунок охолодника оборотної води (градирні).....	
11. Вибір допоміжного обладнання.....	
12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах	
13. Економіка.....	
14. Охорона праці.....	
15. Список використаної літератури	

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Зміст</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Бігун Р.Р.</i>						
Перевір.		<i>Бондар В.І.</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>			<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>			

Вступ

Морозиво люблять усі: від малого до великого. Воно є досить споживаним продуктом серед різних верств населення. Станом на 2021 рік середній європейський рівень споживання морозива на душу населення складає 8 кг, натомість споживання морозива на душу населення в Україні – 2,5 кг. Виробництво морозива – відносно молода галузь харчової промисловості, хоча історія виникнення технології заморожених десертів нараховує декілька тисячоліть.

Попередниками морозива можна вважати змішані з снігом або льодом натуральні або підсолоджені фруктові соки, які в Китаї використовували майже 3000 років тому. Венеціанський мандрівник Марко Поло привіз його рецептури з подорожі по Китаю в кінці III століття. Саме від китайців «секрет» морозива у вигляді фруктового льоду став відомий в Європі.

Морозиво — заморожений солодкий десертний продукт. Воно відноситься до швидкопсувних продуктів, що вимагають певних температурних умов не тільки в процесі зберігання, але і в процесі торгової реалізації. Морозиво виготовляється, як правило, з молока, вершків, масла, цукру з додаванням смакових та ароматичних речовин, яке повинно вироблятися в належних санітарних умовах. Для контролювання їх відповідності розроблено санітарні вимоги до території, водопостачання, каналізації, будівель і споруд, обладнання, тари, сировини і технологічного процесу.

В даному дипломному проекті джерелом холодопостачання є централізована система охолодження. В якості холодильного агента обрано аміак. Він екологічно чистий, має більшу холодопродуктивність, ніж будь-який інший холодильний агент, не руйнує озоновий шар, має дуже різкий запах, тому їм важче отруїтися ніж фреоном.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Бігун Р.Р.</i>			<i>Вступ</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Бондар В.І.</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

Система охолодження має безпосереднє охолодження камер. Така система більш економічна в порівнянні з системою з проміжним холодоносієм завдяки невеликому перепаду між температурою в камері та температурою кипіння холодильного агенту, а зниження перепаду температури на 5°C зменшує витрату електроенергії приблизно на 15%. Застосовуємо насосно-циркуляційну схему з циркуляційними ресиверам.

Основна причина переходу на насосно-циркуляційну схему в тому, що при охолодженні 5 – 6 камер і більше потребується велика кількість регуляторів заповнення (наприклад ТРВ), що не тільки здорожує установку, але й знижує її надійність. Дана холодильна установка є двоступеневою з 4 температурами кипіння та фіксованим проміжним тиском. Охолодження камер здійснюється через повітроохолодники, що дає змогу зменшити металоємність в порівнянні з батарейним охолодженням. Також в даному проекті використовуються кожухотрубні конденсатори з водяним охолодження через оборотне водопостачання. Для цього є градирня, яка охолоджує воду для конденсаторів.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Технологія описана для дипломного проекту на тему: «Проект холодозабезпечення фабрики морозива продуктивністю 30 т/добу у м. Суми». Асортимент продукції, який планується виготовляти на підприємстві:

- 1) Морозиво «Пломбір» виготовляється у кількості 10 т/добу. Фасується у брикетах по 100 г порція в упаковці з поліпропілену. Рецепт морозива пломбір:

Таблиця 1.1

Сировина і показник готового продукту	Норма, кг на 1000 кг морозива без врахування втрат
	Пломбір
Молоко коров'яче незбиране	600
Масло вершкове	151,7
Молоко згущене	50
Молоко сухе знежирене	15,5
Цукор-пісок	150
Крохмаль	15
Вода питна	17,8
Всього	1000

- 2) Молочне морозиво «Крем-брюле» виготовляється у кількості 10 т/добу. Вафельні стаканчики по 50г порція в поліпропіленових упаковках. Рецепт морозива «Крем-брюле»:

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бігун Р.Р.</i>			<i>Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

Таблиця 1.2

Сировина і показник готового продукту	Норма, кг на 1000 кг морозива без врахування втрат
	Крем-брюле
Молоко коров'яче незбиране	500
Масло вершкове	6,9
Молоко згущене	178,8
Цукор-пісок	2,6
Сироп крем-брюле	100
Крохмал	18,8
Вода питна	192,9
Всього	1000

3) Фруктовий лід «Вишневий» виготовляється у кількості 10т/добу. Фасується у порціями по 50 г, конусоподібної форми на паличці, упаковка з поліпропілену. Рецепт фруктового льоду «Вишневий»:

Таблиця 1.3

Сировина і показник готового продукту	Норма, кг на 1000 кг морозива без врахування втрат
	Фруктовий лід «Вишневий»
Пюре і сік із вишні	77
Цукор-пісок	270
Агароїд	4
Лимонна кислота	37
Вода питна	645
Всього	1000

Сировина для морозива постачається в таких кількостях:

- ❖ добове надходження молока - 12 т (12000 л);
- ❖ масло вершкове – 2,207т;
- ❖ молоко знежирене згущене – 2,288 т;

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- ❖ молоко сухе- 1,55т;
- ❖ сироп крем-брюле – 1т;
- ❖ пюре і сік із вишні – 0,77 т;
- ❖ цукор-пісок – 4,46т;
- ❖ лимонна кислота – 0,37 т;
- ❖ крохмаль –0,338 т;
- ❖ вода питна – 8,557 т,
- ❖ агароїд (отримують з водоростей філофори для утворення затяжистої консистенції)- 0,04т.

Місткість камер зберігання замороженого морозива розраховується на 30т добових надходжень продукції. Ми розраховуємо на 3 однакові камери для зберігання кожного з 3-х видів морозива: $B_k = 30 \cdot 10 = 300$ т.

Місткість камер зберігання сировини розрахована на 25-30 добових надходжень продукції:

- місткість камери зберігання вершкового масла (в даній камері зберігається і заморожене п'юре-сік вишні): $B_k = (2,207 + 0,77) \cdot 30 = 89,31$ т;

- місткість приміщення зберігання сухих продуктів: $B_k = (2,288 + 1,55 + 4,46 + 0,37 + 0,338) \cdot 25 = 225,15$ т.

- камера для зберігання охолоджених продуктів: $B_k = (2,288 + 1 + 0,04) \cdot 30 = 100$ т

1.1. Приймання, підготовка та оцінка якості сировини

Сировину, яка надходить для виробництва морозива, приймають за кількістю та якістю, після чого здійснюють попередню підготовку. Рідкі компоненти фільтрують і просіюють, сухе молоко перемішують із цукром у співвідношенні 2:1 та розчиняють у воді. Згущене молоко вноситься до суміші без розчинення. Вершкове масло слід очистити від штафу. Фрукти, ягоди, овочі, баштанні культури сортують, видаляють кісточки, насіння, шкірку, розрізають на шматочки, після чого подрібнюють і перетирають для утворення пюре.

						00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Стабілізатори підготовлюють відповідно до технологічних інструкцій. Усі компоненти зважуються відповідно до рецепту.

Для зберігання та охолодження прийнятого молока до $+4^{\circ}\text{C}$ використовуємо 2 танки-термоси марки В2-ОМ2Г-10 ємністю 10000 л (4300x2270x2825 мм, маса 2350кг). Молоко надходить у цистернах. Далі його шлангом подають у танки-термоси, попередньо його охолодив.

Масло зберігається в камері разом із замороженим вишневим сиропом за температури -18°C . Вершкове масло надходить у картонних ящиках на експедицію і перевантажується у приміщення зберігання масла. Охолоджені та сухі продукти зберігаються за температури $+4^{\circ}\text{C}$.

1.2. Складання суміші

Суміші для морозива готують у ваннах з нагрівною оболонкою та мішалкою. Спочатку додають рідкі продукти, нагрівають їх до 35... 45 $^{\circ}\text{C}$, потім згущені, розплавлене вершкове масло, а насамкінець – сухі компоненти, яйцепродукти та стабілізатори.

На потокових лініях, де використовують сухі суміші, процес приготування суміші механізований. Усі компоненти переводять у рідкий стан (розчиняють чи розтоплюють), дотримуючись нормативних вмістів сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), жиру та цукру.

1.3. Охолодження і визрівання сумішей

Резервуари для зберігання сумішей повинні бути облаштовані охолоджувальними пристроями, крізь які здійснюється циркуляція холодоносія з температурою не вище 5°C . Гомогенізовану суміш швидко охолоджують до температури $0-6^{\circ}\text{C}$ та витримують у спеціальних теплоізольованих резервуарах або ваннах не менше 2-х годин для молочного морозива, і не менше 4-х годин для морозива, що містить 10% жиру. Витримування сумішей на даній фабриці відсутнє, бо є обов'язковим лише для таких, що вміщують желатин, а сучасні стабілізатори дають змогу підвищувати в'язкість сумішей до необхідного значення вже під час їх приготування та оброблення. Перед фрезеруванням в суміш вносять ароматичні речовини і есенції.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодопродуктивність, кВт	70
Холодоагент	Аміак
Споживаюча потужність, кВт	77
Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	1500×2100×2200

1.5. Фасування морозива

Після фризера морозиво швидко фасують і негайно направляють на загартування, так як при затримці частина закристалізованої води може відтанути, що в подальшому призводить до утворення великих кристалів льоду.

Фасоване морозиво випускають дрібними порціями:

-брикети (50-100 г порція; з вафлями, глазуровані; в упаковці з пергаменту, целофану або фольги);

-ескімо (40-50 г порція; глазуроване, циліндричної або конусоподібної форми; на палочці; в упаковці з фольги, целофану, поліпропіленової плівки);

-морозиво в вафельних або паперових стаканчиках (50-200 г порція);

-морозиво у вигляді тістечок (100г порція; в картонних коробках).

Промисловість випускає морозиво вагове та фасоване. Вагове морозиво фасується безпосередньо в транспортну тару – від 2 і до 10кг. Пакується у ящики з полімерних матеріалів або у гільзи з нержавіючої сталі.

1.6. Загартовування морозива

Фасоване морозиво загартоують в потоці повітря за температури від мінус 25 до мінус 42°С в спеціальних морозильних апаратах. З фризера морозиво надходить на загартовування (процес охолодження та витримки морозива за температур від мінус 18°С і нижче з метою надання морозиву міцності та опору танення). Режими загартування морозива у швидко морозильних камерах встановлюють для забезпечення температури мінус 9°С у центрі порції). Тривалість загартовування залежить від температури навколишнього середовища, способу і умов загартовування, складу морозива, упаковки.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Обираємо 2 спіральні швидко морозильні апарати CAC-1500. Технічні характеристики наведено у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Модель/Параметр	CAC-1500
Температура повітря в камері, °C	-35
Споживаюча потужність, кВт	22,6
Вага, кг	6200
Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	5000×3200×3200
Продуктивність, кг/год	1500
Холодоагент	Аміак

1.7. Зберігання морозива

Загатоване морозиво упаковують у картонні коробки (краще з гофрованого картону по 2,4-6 кг залежно від виду фасування) і направляють в камери схову з температурою $-16...-20$ °C і відносною вологістю повітря 85-90%.

Фасоване морозиво в залежності від виду може зберігатися до 12 міс. При випуску з підприємства температура морозива молочних видів повинна бути не вище -10 °C, фруктово-ягідного і ароматичного - не вище -12 °C. Охолодження камер до температури -18 °C здійснюється за допомогою повітроохолодників, швидкість повітря в камерах зберігання 5 м/с.

Всі розвантажувально-завантажувальні роботи проводяться за допомогою електрокара TOYOTA 7FB20.



Рис.1.1 Електрокара TOYOTA 7FB20

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики електрокари:

- вантажопід'ємність – 1500 кг
- висота підйому до – 3600 мм
- радіус повороту – 1170 мм
- мінімальна ширина робочого коридору 1500 мм

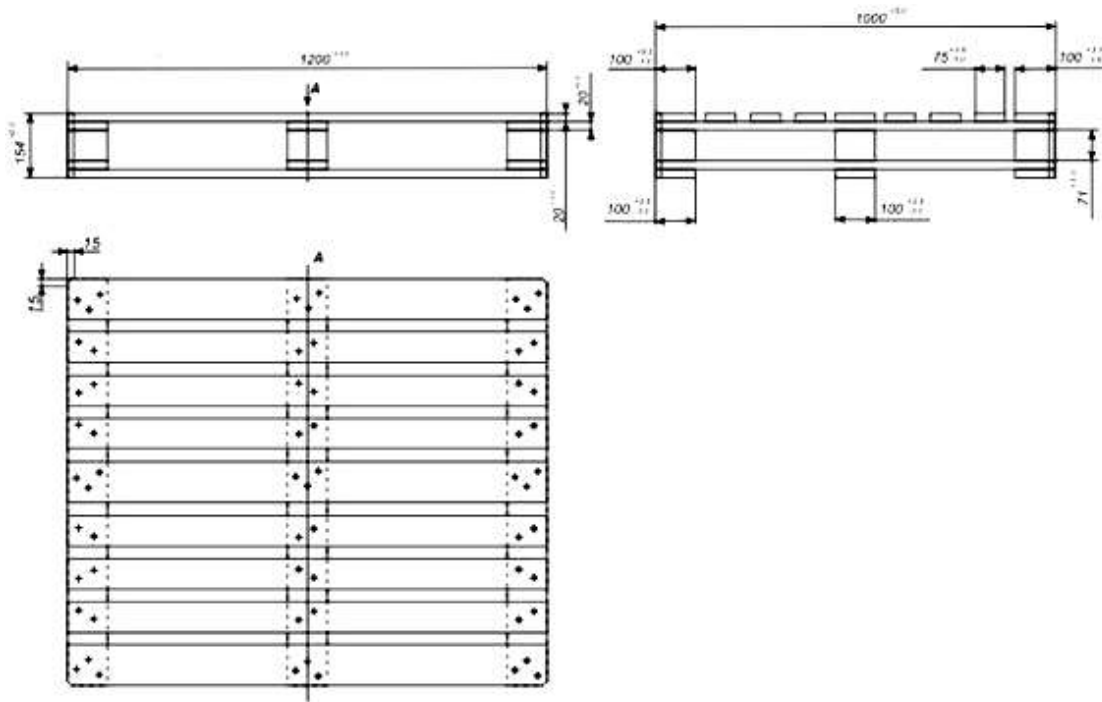


Рис.1.2 Піддон для зберігання продукції

1.1. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції

Розраховую тривалості холодильної обробки (заморожування) брикету морозива в спіральному швидкоморозильному апараті САС-1500:

Геометричні розміри брикету морозива:

Товщина $\delta=0,035$ м;

Довжина $L=0,1$ м;

Ширина $b=0,06$ м;

Початкова температура після фризера $t_{\text{поч}} = -4^{\circ}\text{C}$;

Кінцева температура після заморожування $t_{\text{кін}} = -30^{\circ}\text{C}$;

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_0 = 0,405$ Вт/м·К;

Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря $\nu = 11,13 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$;

Густина морозива $\rho = 1110$ кг/м³;

Коефіцієнт теплопровідності повітря $\lambda_{\text{пов}} = 0,0244$ Вт/м·К;

Визначаю час заморожування брикету від початкової температури -4°C до кінцевої -30°C .

Коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту визначаю за формулою:

$$\lambda_{\text{мор}} = \lambda_0 + 0,9 \cdot \omega$$

$$\omega = 1 - \frac{t_{\text{кр}}}{t_{\text{кам}}} = 1 - \frac{-1}{-35} = 0,971$$

де ω - частка вимороженої вологи.

$$\lambda_{\text{мор}} = 0,405 + 0,9 \cdot 0,971 = 1,27 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з поверхні продукту:

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\text{нов}} \cdot \delta}{\nu_{\text{нов}}} = \frac{5 \cdot 0,035}{11,13 \cdot 10^{-6}} = 15483$$

$$\text{Nu} = 0,17 \cdot \text{Re}^{0,7} = 0,17 \cdot 15483^{0,7} = 145,6$$

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda_{\text{нов}}}{\delta} = \frac{145,6 \cdot 0,0244}{0,035} = 101,5 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Бігун Р.Р.</i>				<i>Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Бондар В.І.</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Петренко В.П.</i>							

Визначаю час заморожування одного брикету морозива у спіральному швидкоморозильному апараті:

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

де $R = 0,0751$ та $P = 0,2632$ – коефіцієнти для розрахунку тепловіддачі від паралелепіпеда (відведення теплоти з п'яти сторін) [1, с.373].

$t_{\text{кр}} = -1$ °С – криоскопічна температура обраного типу та складу морозива;

$h_{\text{поч}} = 105$ – початкова ентальпія брикету морозива, кДж/кг;

$h_{\text{кін}} = 0$ – кінцева ентальпія брикету морозива, кДж/кг;

$$\tau = \frac{1110 \cdot 0,035 \cdot (105 - 0) \cdot 10^3}{-1 + 35} \cdot \left(0,0751 \cdot \frac{0,035}{1,27} + 0,2632 \cdot \frac{1}{101,5} \right) = 559 \text{ с} = 9 \text{ хв}$$

Відповідно до визначеного часу робимо висновок, що одна порція брикету морозива заморожується в спіральному швидкоморозильному апараті САС-1500 за 9 хвилин.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Техніко-економічне обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування підготовлено для проекту холодозабезпечення фабрики морозива продуктивністю 30 т/добу у м. Суми.

Будівництво фабрики в м. Суми дає змогу забезпечити постійний сезонний попит та реалізовувати морозиво, як місцевого та регіонального споживача, а також відправляти продукцію по Україні. Наявність фабрики морозива в обласному центрі дозволяє уникнути зайвих логістичних витрат, що позитивно відображається на вихідній ціні пропонованої споживачу продукції.

На даному підприємстві для отримання штучного холоду використовується централізована двоступенева аміачна холодильна машина на чотири температури кипіння. Перехід на двоступеневе стискання дозволяє зробити холодильну установку більш ефективною, враховуючи температурні режими, на які вона працює.

Аміак – це найбільш оптимальний холодильний агент для потужних холодильних систем промислових установок. Схема охолодження – безпосередня, що дозволяє зменшити капітальні затрати в порівнянні з використанням проміжного холодоносія, а також зменшуються витрати на спожиту електроенергію. Схема подачі аміаку у прилади охолодження – насосно-циркуляційна.

У якості теплообмінного обладнання для камер холодильника обрані повітроохолодники, що дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже, пришвидшити процес заморожування та охолодження морозива.

Конденсатор обрано кожухотрубний з водяним охолодження, що дає змогу зменшити тиск конденсації в порівнянні з повітряним конденсатором, температура і тиск конденсації якого залежить від погодних умов.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бігун Р.Р.</i>			<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

3. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

Об'ємно-планувальне рішення будівлі фабрики морозива повинно забезпечувати застосування прогресивних технологій обробки та зберігання сировини, широке застосування засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, зручність обслуговування обладнання.

Попередній план будівлі, в якій будуть знаходитись наступні камери:

- 3 камери зберігання замороженого морозива (параметри для кожної: $B_k = 300$ т ; -22°C);
- камера зберігання вершкового масла ($B_k = 89,31$ т ; -22°C);
- камера зберігання охолодженої сировини ($B_k = 100$ т ; $+4^\circ\text{C}$);
- камера зберігання сухої сировини ($B_k = 225,15$ т ; $+4^\circ\text{C}$);
- приміщення для технологічних операцій (0°C);
- допоміжні приміщення (коридори, експедиція, тощо);
- машинне відділення та приміщення для обслуговуючого персоналу;
- службові приміщення ($+20^\circ\text{C}$);
- автомобільні платформи.

За основу прийнято розмір будівельних прямокутників 6×12 м.

3.1. Будівельна площа камер зберігання:

$$F_{\text{буд}} = \frac{B_k}{q_v \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta} \quad (3.1)$$

де: B_k - місткість камер зберігання, т;

q_v - норма завантаження на 1 м^3 вантажного об'єму камери;

$h_{\text{гр}}$ - вантажна висота штабелю, приймаємо 4 м;

β – коефіцієнт використання будівельної площі камери (приймаю $\beta=0,8$);

Розрахункові питомі навантаження q_v від продуктів приймаю за додатком 11 відповідної літератури [1, с.218]:

					<i>00.KP.142.008.010.2022 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Бігун Р.Р.</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Петренко В.П.</i>						
					<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
					<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

3.5. Визначаю будівельну площу приміщення для зберігання сухої сировини:

$$F_{\text{с.р.}} = \frac{225,15}{0,65 \cdot 4 \cdot 0,8} = 108,24 \text{ м}^2$$
$$n = \frac{F_{\text{зб.м.}}}{f} = \frac{108,24}{72} = 1,503 \approx 2 \text{ буд. кв.}$$

Приймаю розміри приміщення: 2 будівельних прямокутники.

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

3.6. Загальна площа камер зберігання продукції:

$$F = 216 + 72 + 144 + 144 = 576 \text{ м}^2$$

3.7. Танки-термоси для охолодження молока розміщуємо в службових приміщеннях: використовуємо 2 танки-термоси марки В2-ОМ2Г-10 ємністю 10000 л (довжина 4300 х діаметр 2270 х висота 2825 мм, маса 2350 кг).

3.8. Приміщення для технологічних операцій (Рис.3.1):

Приймаю розміри приміщення за розмірами апаратів: 3 будівельних прямокутника.

$$F_{\text{тех}} = 72 \cdot 3 = 216 \text{ м}^2$$

3.9. Площа службових приміщень приймається в межах $(0,2 - 0,4) \cdot F$:

$$F_{\text{сл}} = 0,4 \cdot 576 = 230,4 \text{ м}^2$$
$$n = \frac{230,4}{72} = 3,2$$

Приймаю 4 будівельних прямокутники.

3.10 Площа машинного відділення приймається в межах $(0,05-0,35) \cdot F$:

$$F_{\text{маш}} = 0,2 \cdot 576 = 115,2 \text{ м}^2$$
$$n = \frac{115,2}{72} = 1,6$$

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

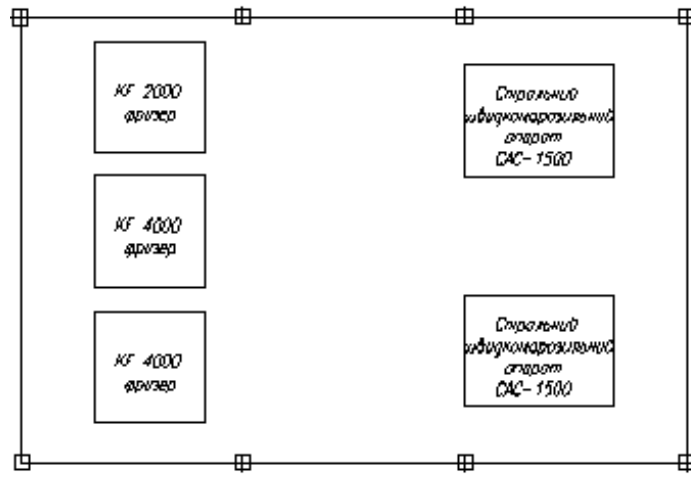


Рис.3.1 Ескіз приміщення для технологічних операцій

Назва приміщення	Вк, т	Температура, °С	Відносна вологість, %	Циркуляція повітря	Тривалість зберігання
Камера заморозки морозива [1,2,3]	300	-22	85-90	Примусова 5м/с	до 40 діб
Камера зберігання вершкового масла	89,31	-22	80-85	Примусова 5м/с	до 30 діб
Камери зберігання охолодженої сировини	100	+4	60-65	Примусова 5м/с	до 30 діб
Камери зберігання сухої сировини	225,15	+4	75	Примусова 5м/с	до 30 діб
Приміщення для танків з молоком	20	+4	-	Примусова до 5м/с	до 1 доби
Приміщення для технологічних операцій	-	-	-		
Службове приміщення	-	-	-		
Машинне відділення	-	-	-		
Приміщення для обслуговуючого персоналу	-	-	-		
Автомобільна платформа	-	-	-		

Зм.	Лист	№ докум.№	Підпис	Дата

00.КР.142.008.010.2022 ПЗ

Лист

4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

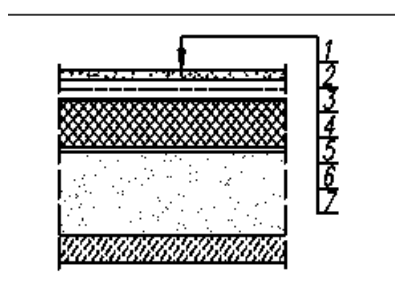
Будівля фабрики морозива проектується каркасного типу з залізобетонними колонами розміром 400×400мм. Сітки колон обрано у минулому розділі – 6×12 м. Будівельні балки залізобетонні обрано довжиною 6 м та висотою 440 мм. Висота камер від чистої підлоги до низу балки 4 м. Стіни та перегородки також залізобетонні. Покриття без горища. Плити перекриття – ребристі, довжиною 6 м шириною 1,5 м та товщиною 220 мм. У якості підігріву підлога обрано електропідігрів, який захистить ґрунт від промерзання. В якості теплоізоляції приймаємо пінопласт полістирольний ПСБ-С.

Середня температура зовнішнього повітря у м. Суми дорівнює +7,4°C.

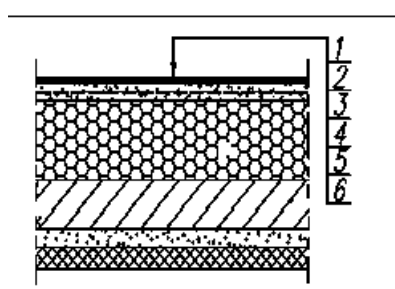
Розрахункова літня + 28°C, зимня -22°C.

Табл.4.1

Будівельно-ізоляційні конструкції холодильника



Підлога	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м ² К/Вт
1. Монолитне бетонне пекриття із важкого бетону	0.040	1.86	1.341
2. Армowana бетонна стяжка	0.150	1.86	
3. Пароізоляція - 1 шар пергаміна	0.001	0.15	
4. Теплоізоляція із пінопласта полістирольного ПСБ-С	-	0.05	
5. Цементно-пісковий розчин	0.025	0.98	
6. Ущільнений пісок	1	0.58	
7. Бетонна підготовка з електронагрівачами	-	-	



Покриття	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м ² К/Вт
1. 5 шарів гідроізолу на бітумній мастиці	0,012	0,30	0,202
2. Стяжка із бетону по металевій сітці	0,040	1,86	
3. Засипка з гравію	0,200	0,2	
4. Цементно-піщаний розчин	0,030	1	
5. З/б плита	0,220	2	
6. Теплоізоляція з ПСБ-С	-	0,025	

00.КР.142.008.010.2022 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Бігун Р.Р.			
Перевір.	Бондар В.І.			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.	Петренко В.П.			
Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника			Лист	Лист
			ЛУХТ ХМ-4-12ск	

Таблиця 4.2

Огорожа	$t_{в}/ t_{з}$ °C	$\alpha_{звн}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{вн}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$R_{звн}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{вн}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	Товщина теплоізоляції, м		Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	
							$\delta_{із}^{потр}$	$\delta_{із}^{\partial}$	$k_0^{потр}$	k_0^{∂}
1. Стіни між камерами зберігання та зовнішнім повітрям	-22 +31	23	9	0,043	0,111	0,109	0,187	0,2	0,25	0,23
2. Стіна між камерою зберігання	-22 +4	9	9	0,111	0,111	0,076	0,17	0,18	0,27	0,23
3. Внутрішні стіни між камерами зберігання	-22 -22	9	9	0,111	0,111	0,076	0,071	0,08	0,58	0,52
4. Підлога з електропідігрівом ґрунту для камер зберігання морозива і масла;	-22 +1	7	-	0,142	-	1,341	0,95	0,1	0,23	0,22
5. Стеля над камерами зберігання	-22 +31	7	23	0,142	0,043	0,202	0,105	0,12	0,25	0,22

5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

5.1. Теплонадходження через огорожувальні конструкції

Розраховую теплонадходження від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт}$$

де Q_{1T} - теплонадходження через зовнішнє огородження, Вт;

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

$$Q_{1T} = K_0 \cdot F \cdot (t_3 - t_6), \text{ Вт}$$

де F - площа огородження, м^2 ;

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

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

$$Q_{1C} = K_0 \cdot F \cdot \Delta t, \text{ Вт} \quad (5.3)$$

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

Для прикладу проводжу розрахунок теплонадходжень через огорожувальні конструкції камери №1 Зберігання морозива (-22°C). Інші камери розраховуються аналогічним чином.

Північна сторона

$$Q_{1T} = 0,23 \cdot 216(26 + 22) = 2384,64 \text{ Вт};$$

$$Q_{1C} = 0, \text{ Вт};$$

$$Q_1 = 2384,64 + 0 = 2384,64 \text{ Вт}.$$

Південна сторона

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

Західна сторона

$$Q_{1T} = 0,23 \cdot 48(12 + 22) = 433,2 \text{ Вт};$$

$$Q_{1C} = 0, \text{ Вт};$$

$$Q_1 = 433,22 + 0 = 433,22 \text{ Вт}.$$

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бігун Р.Р.				Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень	Лист	Лист	Листів
Перевір.	Бондар В.І.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Петренко В.П.							
						НУХТ ХМ-4-12ск		

Східна сторона

$$Q_{IT} = 0,23 \cdot 48 \cdot (26 + 22) = 611,6 \text{ Вт}; Q_{IC} = 0,23 \cdot 48 \cdot 9,8 = 108,192 \text{ Вт};$$

$$Q_1 = 529,92 + 108,19 = 638,11 \text{ Вт}.$$

Підлога

$$Q_{IT} = 0,22 \cdot 216 \cdot (1 + 22) = 1142,64, \text{ Вт формула 9.4(літ.1)};$$

$$Q_{IC} = 0, \text{ Вт};$$

$$Q_1 = 1142,64 + 0 = 1142,64 \text{ Вт}$$

Покриття

$$Q_{IT} = 0,22 \cdot 216 \cdot (26 + 22) = 2384,64, \text{ Вт};$$

$$Q_{IC} = 0,22 \cdot 216 \cdot 12,5 = 594, \text{ Вт};$$

$$Q_1 = 2384,64 + 594 = 2978,64, \text{ Вт}.$$

Загальна кількість теплонадходжень в камеру:

Враховуючи товщину стін, вводимо поправку на 5%.

$$Q_1 = (2384,64 + 375,36 + 638,11 + 1142,64 + 2384,64) \cdot 1,05 = 7271,65 \text{ Вт}.$$

Загальна кількість всіх теплонадходжень через огорожувальні конструкції Q_1

наведено у таблиці 5.1:

Таблиця 5.1

Огорожа	k_0^d , Вт/м ² ·К	F, м ²	$t_{вн}$, °С	Θ , °С	Q_{IT} , кВт	Δt_c , °С	Q_{IC} , кВт	$Q_{Iзаг}$, кВт
Камера №1 Зберігання морозива (-22°С)								
Північна стіна	0,23	166.4	+26	48	1,837	-	-	1,837
Південна стіна	0,52	166.4	-22	0	0	-	-	0
Західна стіна	0,23	55.4	+26	48	0,433	-	-	0,433
Східна стіна	0,23	55.4	+26	48	0,611	9,8	0,124	0,736
Підлога	0,22	288	+1	23	1,457	-	-	1,457
Покриття	0,22	288	+26	48	3,041	12,5	0,792	3,833
Загалом:								8,711
Камера №2 Зберігання морозива (-22°С)								

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Північна стіна	0,52	166,4	-22	0	0	-	-	0
Південна стіна	0,52	166,4	-22	0	0	-	-	0
Західна стіна	0,23	55,4	+22	44	0,560	-	-	0,560
Східна стіна	0,23	55,4	+26	48	0,611	9,8	0,124	0,736
Підлога	0,22	288	+1	23	1,457	-	-	1,457
Покриття	0,22	288	+26	48	3,401	12,5	0,792	3,833
Загалом								6,915

Камера №3 Зберігання морозива (-22°C)								
Північна стіна	0,52	166,4	-22	0	0	-	-	0
Південна стіна	0,52	166,4	-22	0	0	-	-	0
Східна стіна	0,23	55,4	+38	60	0,611	9,8	0,124	0,736
Підлога	0,22	288	+1	23	1,457	-	-	1,457
Покриття	0,22	288	+38	60	3,401	12,5	0,792	3,833
Загалом								6,915

Камера зберігання масла (-22°C)								
Північна стіна	0,25	27,7	0	22	0,152	-	-	0,152
Південна стіна	0,37	27,7	-12	10	0,102	-	-	0,102
Західна стіна	0,23	55,6	+26	48	0,613	11,7	0,144	0,757
Східна стіна	0,23	55,6	+4	28	0,358	-	-	0,358
Підлога	0,22	36	+1	23	0,182	-	-	0,182
Покриття	0,22	36	+26	48	0,380	12,5	0,099	0,479
Загалом								2,131

Автомобільна платформа (-12°C)								
Північна стіна	0,26	111,8	+4	16	0,465	-	-	0,465
Південна стіна	0,26	166,4	+26	48	2,076	8	0,346	2,422

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>				Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Західна стіна	0,26	27,7	+26	48	0,345	11,7	0,084	0,429
Східна стіна	0,26	27,7	+26	48	0,345	11,7	0,084	0,429
Підлога	0,22	360	+1	13	1,029	-	-	1,029
Покриття	0,22	360	+26	48	3,801	12,5	0,99	4,791
Загалом								10,043

Камера зберігання сухої сировини (+4°C)								
Північна стіна	0,43	55,4	0	-4	-0,095	-	-	-0,095
Південна стіна	0,256	55,4	-12	-16	-0,226	-	-	-0,226
Західна стіна	0,52	55,4	+4	0	-	-	-	-
Східна стіна	0,43	55,4	+12	8	0,190	-	-	0,190
Підлога	0,22	144	+1	-3	-0,095	-	-	-0,095
Покриття	0,22	144	+26	22	0,696	12,5	0,396	1,092
Загалом								0,866

Камера зберігання охолодженої сировини (+4°C)								
Північна стіна	0,43	55,4	-12	-16	-0,381	-	-	-0,381
Південна стіна	0,26	55,4	-12	-16	-0,203	-	-	-0,230
Західна стіна	0,23	55,4	-12	-16	-0,203	-	-	-0,203
Східна стіна	0,52	55,4	+26	22	0,633	11,7	0,337	0,969
Підлога	0,22	144	+1	-3	-0,095	-	-	-0,095
Покриття	0,22	144	+26	22	0,696	12,5	0,396	1,092
Загалом								1,209

Приміщення для технологічних операцій (0°C)								
Північна стіна	0,38	111,8	+20	20	0,849	-	-	0,849
Південна стіна	0,43	111,8	+4	4	0,192	-	-	0,192
Західна стіна	0,375	55,4	+26	26	0,540	11,7	0,243	0,783
Східна стіна	0,43	55,4	+12	12	0,285	-	-	0,285

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>				Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Підлога	0,22	216	+1	1	0,047	-	-	0,047
Покриття	0,22	216	+26	26	1,235	12,5	0,594	1,829
Загалом								4,184
Приміщення для експедиції (-12°C)								
Північна стіна	0,26	55,4	+22	-10	-0,144	-	-	-0,144
Південна стіна	0,26	55,4	+4	16	0,230	-	-	0,230
Західна стіна	0,26	27,7	+4	16	0,115	11,7	0,084	0,199
Східна стіна	0,26	27,7	+12	0	-	-	-	-
Підлога	0,22	72	+1	13	0,205	-	-	0,205
Покриття	0,22	72	+26	38	0,601	12,5	0,198	0,799
Загалом								1,353

5.2. Теплонадходження при термічній обробці продуктів

$$Q_2 = Q_{2П} + Q_{2Т}, \text{ кВт}$$

де $Q_{2П}$ - теплонадходження від продуктів, кВт;

$Q_{2Т}$ - теплонадходження від тари, кВт.

$Q_{2П} = M_{\partial} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}$, - при дозаморожуванні та доохолодженні продуктів в камерах зберігання.

$Q_{2П} = 1,3 \cdot M_{np} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}$, кВт - при холодильній обробці в камерах охолодження та заморожування періодичної дії,

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

M_{∂} - добове надходження продуктів в камеру, т/добу;

i_n - ентальпія продукту при надходженні в камеру, 657,7 кДж/кг;

i_k - ентальпія продукту після холодильної обробки, 342,5 кДж/кг;

τ - час холодильної обробки, год/дів.

Розраховую теплонадходження від тари за формулою:

$$Q_{2Т} = M_{\partial т} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт}$$

де $M_{\partial т}$ - добове надходження тари в камеру, т/добу;

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

t_n - температура тари при надходженні в камеру, °C ;

t_k - температура тари після холодильної обробки, °C ;

τ - час холодильної обробки, год/доб ;

C_T - теплоємність тари, кДж/(кг·K).

Згідно табличних даних теплоємність картонного ящика складає 2,3 кДж/(кг·K).

Масу тари приймаємо як 10% від маси продукту.

Кількість необхідного холоду на охолодження молока після пастеризації:

$$Q_{2П} = 12 \cdot (657,5 - 342,5) \cdot \frac{1000}{4 \cdot 3600} = 262,5 \text{ кВт}$$

Кількість необхідного холоду на охолодження після пастеризації та гомогенізації суміші:

$$Q_{2П} = 1,3 \cdot 12 \cdot (657,5 - 342,5) \cdot \frac{1000}{4 \cdot 3600} = 341,25 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження від технологічних процесів обробки сировини:

$$Q_2 = 262,5 + 341,25 = 603,75 \text{ кВт}$$

Камера зберігання морозива № 1, 2, 3:

$$Q_{2П} = 10 \cdot (19,7 - 7,1) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 1,458 \text{ кВт}$$

$$Q_{2Т} = 10 \cdot 0,1 \cdot 2,3 \cdot (35 - 22) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,364 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = (1,458 + 0,364) \cdot 3 = 5,466 \text{ кВт}$$

Узагальнена інформація щодо теплонадходжень при термічній обробці продуктів зведено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Назва камери	$M_{пр}$ т/доб	M_T т/доб	t_n °C	t_k °C	i_n кДж/кг	i_k кДж/кг	C_T кДж/кг·K	τ , год	$Q_{2П}$ кВт	$Q_{2Т}$ кВт	Q_2 кВт
Зберіг. морозива №1,2,3	10	1	-18	-22	-40	-7,1	2,3	24	1,458	0,364	1,822
Зберіг. вершк. масла	2,207	0,22	-12	-22	17,6	3,8	2,3	24	0,352	0,076	0,428
Зберіг. охолод. сировини	3,328	0,333	20	+4	398	334	0,8	24	2,465	0,04	2,505
Зберіг. сухої сировини	9,006	0,9	20	+4	75	31	2,3	24	4,586	1,054	5,64

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

5.3. Розрахунок експлуатаційних теплонадходень

Розраховуємо експлуатаційні теплонадходження за наступними формулою:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \text{ Вт} \quad (5.9)$$

де q_1 - теплонадходження від освітлення, *Вт*;

q_2 - теплонадходження від людей, *Вт*;

q_3 - теплонадходження від працюючих електродвигунів, *Вт*;

q_4 - теплонадходження від відкривання дверей, *Вт*.

Розраховую теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт} \quad (5.10)$$

де A - питома теплонадходження від приладів на 1 м² підлоги, *Вт/м²*;

F - площа камери, м².

Розраховую теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ Вт} \quad (5.11)$$

де n - кількість людей, *чол*;

350 - теплонадходження від однієї працюючої людини, *Вт/чол*.

Розраховую теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{el} \cdot 1000, \text{ Вт} \quad (5.12)$$

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

Розраховую теплонадходження від відкривання дверей за формулою:

$$q_4 = K \cdot F, \text{ Вт} \quad (5.13)$$

де K - питома теплонадходження на 1 м² підлоги, *Вт/м²*;

F - площа камери, м².

Для прикладу наводжу розрахунок експлуатаційних теплонадходжень для камер зберігання морозива № 1, 2, 3:

$$q_1 = 2,3 \cdot 216 = 496,8, \text{ Вт};$$

$$q_2 = 350 \cdot 2 = 700, \text{ Вт};$$

$$q_3 = 7000, \text{ Вт};$$

$$q_4 = 4,8 \cdot 216 = 1036,8 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = 496,8 + 700 + 2000 + 1036 = 4233,6 \text{ Вт}$$

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення експлуатаційних теплонадходень всіх камер внесено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Назва камери	F _д м ²	A Вт/м ²	q ₁ Вт	n чол	q ₂ Вт	N _{ел} кВт	q ₃ Вт	K Вт/м ²	q ₄ , Вт	Q ₄ Вт
Камера зберіг. морозива №1,2,3	216	2,3	496,8	2	700	2	7000	4,8	1037	9234
Камера зберіг. верш. масла	72	2,3	165,6	1	350	2	7000	17,4	345,6	8861,2
Експедиція	72	2,3	165,6	1	350	2	7000	17,4	345	8861,2
Автоплатформа	180	4,7	846	4	1400	2	7000	22,8	4104	13,350
Приміщення для техн. операц.	216	4,7	1015,2	2	700	2	7000	12	2592	11307,2
Камера зберіг. сух.сировини	144	2,3	331,2	1	350	2	7000	17,4	2505,6	12186,8
Камера зберіг. охолод.сировини	144	2,3	331,2	1	350	2	7000	17,4	2505,6	12186,8

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

Значення всіх теплонадходжень до холодильника занесені до таблиці 5.4

Таблиця 5.4

Назва приміщення	Q ₁ , кВт	Q ₂ , кВт	Q ₄ , кВт	Q, кВт
Приміщення для технологічних операцій	4,184	-	11,307	15,491
Приміщення зберігання охолодженої сировини	1,209	2,505	12,186	15,9
Приміщення зберігання сухої сировини	0,866	5,64	12,186	18,692
Теплове навантаження (пастеризація, гомогенізація)	-	341,25	-	341,25
(-8)Σ=	6,259	349,395	35,68	391,333
Теплове навантаження від фризерних апаратів	-	165	-	165
(-33)Σ=	-	165	-	165
Теплове навантаження від спіральних швидкоморозильних апаратів	-	160	-	160
(-43)Σ=	-	160	-	160
Камера зберігання морозива(№1)	8,711	1,822	9,234	19,767
Камера зберігання морозива(№2)	6,915	1,822	9,234	17,971
Камера зберігання морозива(№3)	6,915	1,822	9,234	17,971
Камера зберігання вершкового масла	2,131	0,428	8,861	11,42
Автомобільна платформа	10,043	-	13,35	23,393
Експедиція	1,353		13,35	14,703
(-30)Σ=	36,068	5,894	63,263	105,225

6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори

Визначаю навантаження на компресори для всіх камер від теплонадходжень через огорожуючі конструкції:

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

Визначаю навантаження на компресори для камер термообробки:

$$Q_{2KM} = Q_2, \text{ Вт}$$

Визначаю навантаження на компресори для камер зберігання заморожених вантажів від термічної обробки продуктів:

$$Q_{2KM} = 0,5 \cdot Q_2, \text{ Вт}$$

Визначаю навантаження на компресори для всіх камер від експлуатаційних теплонадходжень:

$$Q_{4KM} = 0,75 \cdot Q_4, \text{ Вт}$$

Навантаження для підбору компресорів (на кожну температуру кипіння окремо) визначають по формулі:

$$Q = \frac{k \cdot \sum Q_{KM}}{b}, \text{ Вт}$$

де k - коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах і апаратах холодильної установки і має різне значення для різних температур кипіння ст.62 (літ.1).

b – коефіцієнт робочого часу.

Визначаю навантаження на компресор, який працює на температуру кипіння $t_0 = - 8^\circ\text{C}$:

$$\sum Q_{KM} = 0,9 \cdot \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0,75 \cdot \sum Q_4$$

$$\sum Q_{KM} = 0,9 \cdot 6,259 + 349,395 + 0,75 \cdot 35,68 = 381,788 \text{ кВт}$$

$$Q_{-8} = \frac{1,05 \cdot 381,788}{0,9} = 445,419 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бігун Р.Р.			<i>Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори</i>	Лит.	Лист	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.						НУХТ ХМ-4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Визначаю навантаження на компресор, який працює на температуру кипіння $t_0 = -30^\circ\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{KM}} = 0,9 \cdot \sum Q_1 + 0,5 \cdot \sum Q_2 + 0,75 \cdot \sum Q_4$$

$$\sum Q_{\text{KM}} = 0,9 \cdot 36,068 + 0,5 \cdot 5,894 + 0,75 \cdot 63,263 = 82,855 \text{ кВт}$$

$$Q_{-30} = \frac{1,065 \cdot 82,855}{0,9} = 98,045 \text{ кВт}$$

Визначаю навантаження на компресор, який працює на температуру кипіння $t_0 = -33^\circ\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{KM}} = 165 \text{ кВт}$$

$$Q_{-30} = \frac{1,08 \cdot 165}{0,9} = 198 \text{ кВт}$$

Визначаю навантаження на компресор, який працює на температуру кипіння $t_0 = -43^\circ\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{KM}} = 160 \text{ кВт}$$

$$Q_{-30} = \frac{1,13 \cdot 160}{0,9} = 201 \text{ кВт}$$

Результати проведених розрахунків по навантаженню на теплообмінне обладнання та компресор зведено до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

t_0	k_1	$\sum Q_1$, кВт	k_2	$\sum Q_2$, кВт	k_3	$\sum Q_4$, кВт	ΣQ , кВт	k	Q кВт
-8	0,9	6,259	1	349,395	0,75	35,68	381,788	1,05	445,419
-30	0,9	36,068	0,5	5,894	0,75	63,263	82,855	1,065	98,045
-33	0,9	0	1	165	0,75	0	165	1,08	198
-43	0,9	0	1	160	0,75	0	160	1,13	201

7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

В якості джерела холодопостачання даної фабрики морозива є централізована система охолодження. Холодильним агентом обрано аміак. Він екологічно чистий та має більшу холодопродуктивність при тих же параметрах, не руйнує озоновий шар. Крім цього аміак дуже легко визначити у приміщенні – має дуже різкий запах, тому їм важче отруїтися ніж фреоном.

Зазвичай при проектуванні аміачної системи охолодження використовують централізоване холодопостачання з розміщенням в загальному машинному відділенні компресорів, які працюють на різні температури кипіння. Таке розміщення має свої переваги - концентрація обладнання в загальному залі полегшує його обслуговування та огляд на протязі робочої зміни обслуговуючого персоналу, якщо потребується постійне спостереження.

Система охолодження має безпосереднє охолодження камер. Така система більш економічна в порівнянні з системою з проміжним холодоносієм завдяки невеликому перепаду між температурою в камері та температурою кипіння холодильного агенту, а зниження перепаду температури на 5°C зменшує витрату електроенергії на 15%.

Схему подачі холодильного агенту у прилади охолодження обрано насосно-циркуляційну з 4 циркуляційними ресиверам. Основна причина переходу на насосно-циркуляційну схему в тому, що при охолодженні 5 – 6 камер і більше потребується велика кількість регуляторів заповнення (наприклад ТРВ), що не тільки здорожує установку, але й знижує її надійність.

Дана холодильна установка планується двоступеневою на 4 температури кипіння та фіксованим проміжним тиском. Визначимо, яку машину (одно або двоступеневу) потрібно для кожної температури кипіння:

- приміщення для сировини, приміщення для технологічного обладнання:
 $p_k/p_0=12,6/3,13=4,02$ – одноступенева машина;
- камери зберігання та автоплатформа:

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бігун Р.Р.</i>			<i>Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки</i>	<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

$p_k/p_0=12,6/1,19=10,58$ – двоступенева машина;

- для технологічного обладнання (фризери)

$p_k/p_0=12,6/1,19=10,58$ – двоступенева машина.

- для технологічного обладнання (апарати загартовування морозива):

$p_k/p_0=12,6/0,62=20,32$ – двоступенева машина.

Охолодження камер здійснюється через повітроохолодники, що дає змогу інтенсифікувати процес теплообміну та зменшити металоємність в порівнянні з батарейним охолодженням. Також в даному проекті використовуються кожухотрубні конденсатори з водяним охолодження через оборотне водопостачання. Для цього є градирня, яка охолоджує воду для конденсаторів.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок

холодильної машини

Режим роботи холодильної установки характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування $t_{вс}$, і переохолодження $t_{по}$.

При проектуванні холодильних установок з безпосереднім охолодженням температуру кипіння t_0 приймають на $5...10^\circ\text{C}$ нижче температури повітря в камері:

Отже, температура кипіння в приміщеннях зберігання сировини та приміщенні для технологічних операцій:

$$t_0 = t_{\text{кам}} - (5...10)^\circ\text{C} = 0 - 8 = -8^\circ\text{C}$$

Температура кипіння в камерах зберігання морозива, вершкового масла та автомобільної платформи:

$$t_0 = t_{\text{кам}} - (5...10)^\circ\text{C} = -22 - 8 = -30^\circ\text{C}$$

Температура кипіння у для фризерного апарату:

$$t_0 = t_{\text{кам}} - (5...10)^\circ\text{C} = -25 - 8 = -33^\circ\text{C}$$

температура кипіння у спіральному швидкоморозильному апараті

$$t_0 = t_{\text{кам}} - (5...10)^\circ\text{C} = -35 - 8 = -43^\circ\text{C}$$

Для охолодження оборотної води використовується градирня. У якості конденсаторів обрано горизонтальні кожухотрубні теплообмінники. Параметри зовнішнього повітря наступні:

- середня температура $+7,4^\circ\text{C}$,
- розрахункова літня температура $+28^\circ\text{C}$,
- розрахункова зимня температура -22°C ,
- відносна вологість влітку 72% ,
- відносна вологість взимку 83% .

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бігун Р.Р.</i>			<i>Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

За i-d діаграмою вологого повітря знаходжу температуру оборотної води на виході з градирні як температуру мокрого термометра $t_m=24^\circ\text{C}$.

Температура води, що поступає на конденсатор, приблизно на $2-4^\circ\text{C}$ вища, ніж температура мокрого термометру, тобто $t_{\omega 1}=26^\circ\text{C}$. Приймаю, що вода в конденсаторі нагріється на $\Delta t=4^\circ\text{C}$ [1.§11.1]. Тоді температура на виході з конденсатора дорівнює:

$$t_{\omega 2}=t_{\omega 1}+\Delta t=26+4=30^\circ\text{C}$$

Отже, температура конденсації буде вища на $2\dots 4^\circ\text{C}$ від температури води на виході з конденсатора. Приймаю температуру конденсації рівною 32°C .

$$t_k=32^\circ\text{C}, (p_k=12,6\text{бар})$$

За допомогою lgP-h діаграми будуємо цикл роботи холодильної установки та визначаю тиски, котрі відповідають прийнятим температурам.

Обираємо двоступеневу аміачну холодильну машину на чотири температурами кипіння та фіксованим проміжним тиском.

Принципову схему холодильної машини зображено на рис.8.1. Потім за даною схемою будую цикл (рис. 8.2) та визначаю параметри характерних точок (табл.8.1).

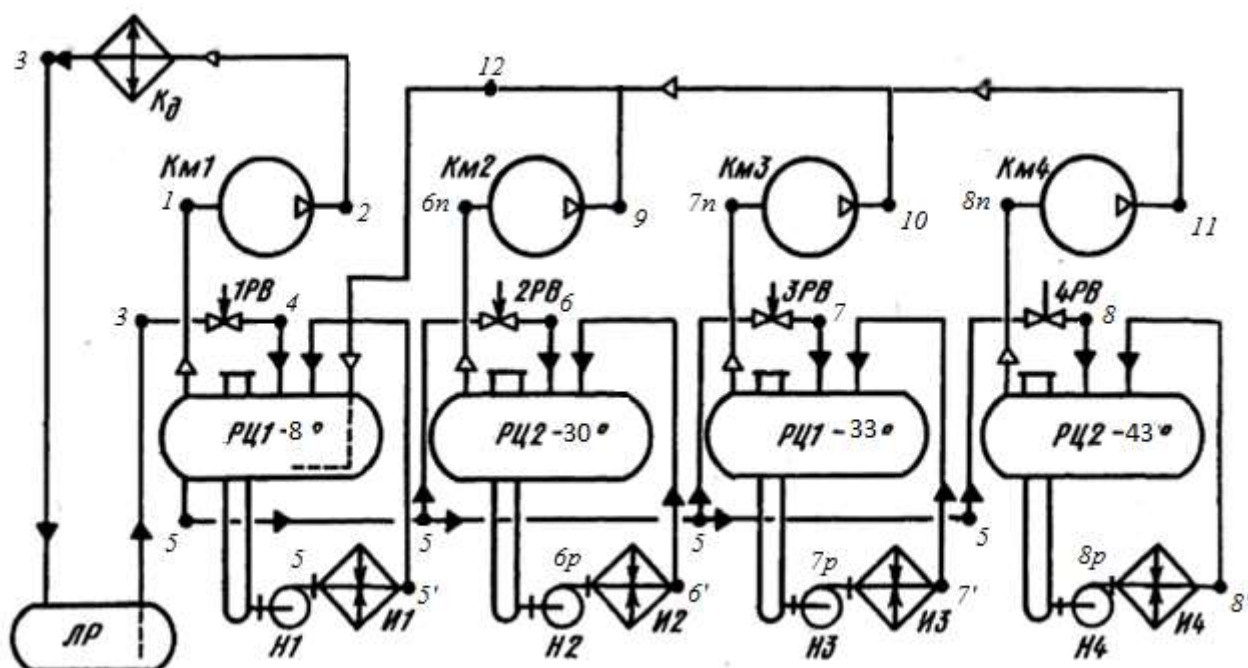


Рис. 8.1. Принципова схема холодильної машини на 4 температури кипіння

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

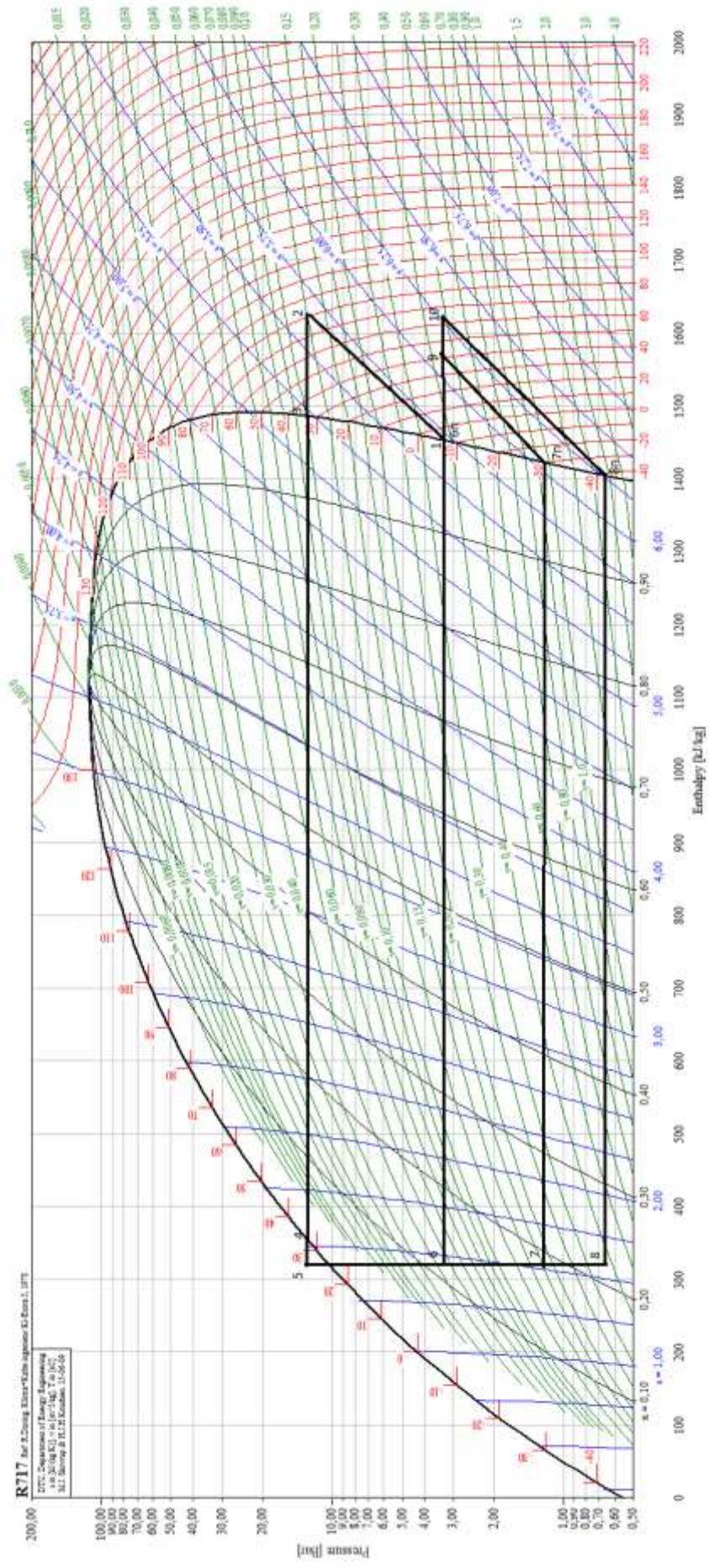


Рис. 8.2. Цикл роботи холодильної установки

№ точки	Температура, °С	Тиск, бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м ³ /кг
1	-8	3,13	1457	0,37
2	82	12,6	1635	0,128
3	32	12,6	1465	0,31
4	-8	3,13	346	0,00185
5	-8	3,13	325	0,00184
6	-30	1,19	325	0,076
7п	-30	1,19	1418	1,1
7	-30	1,19	325	0,10
8п	-43	0,62	1403	0,19
8	-43	0,62	325	0,21
9	30	3,13	1550	0,45
10	40	3,13	1620	0,46

Масова витрата холодильного агенту, яку необхідно відводити від кожного з циркуляційних ресиверів:

$$M_{1(-43)} = \frac{Q_{0(-43)}}{h_{8п} - h_8} = \frac{201}{1403 - 325} = 0,186 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

$$M_{2(-33)} = \frac{Q_{0(-33)}}{h_{7п} - h_7} = \frac{198}{1418 - 325} = 0,181 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

$$M_{3(-30)} = \frac{Q_{0(-30)}}{h_{7п} - h_7} = \frac{98,045}{1418 - 325} = 0,09 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Знаходжу ентальпію точки спільного нагнітання компресорів, які працюють на температури кипіння: -43°C, -33°C та -30°C.

$$h_{12} = \frac{M_{1(-43)} \cdot h_{11} + M_{2(-33)} \cdot h_{10} + M_{3(-30)} \cdot h_9}{M_{1(-43)} + M_{2(-33)} + M_{3(-30)}} = \frac{0,186 \cdot 1620 + 0,181 \cdot 1550 + 0,09 \cdot 1550}{0,186 + 0,181 + 0,09} = 1579 \frac{\text{кДж}}{\text{кДж}}$$

Знаходжу витрату холодоагенту, який циркулює у компаундному ресивері, який працює під температуру -8°C.

$$M_{4(-8)} = \frac{Q_{0(-8)} + (M_{1(-43)} + M_{2(-33)} + M_{3(-30)}) \cdot (h_{12} - h_5)}{h_1 - h_5} = \frac{445,419 + (0,186 + 0,181 + 0,09) \cdot (1581 - 325)}{1457 - 325} = 0,9 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \cdot \lambda_{w2} = 0,91 \cdot 0,9 = 0,81.$$

Для КМ3:

$$\Delta P_{вс} = 0,03 \cdot P_0 = 0,03 \cdot 1,86 = 0,054 \text{ бар - депресія на всмоктуванні;}$$

$$\Delta P_{наг} = 0,05 \cdot P_{\kappa} = 0,05 \cdot 3,13 = 0,15 \text{ бар - депресія на нагнітанні;}$$

$$\lambda_{i3} = \frac{1,86 - 0,054}{1,86} - 0,03 \cdot \left[\left(\frac{3,13 + 0,15}{1,86} \right)^{1,1} - \frac{(1,86 - 0,054)}{1,86} \right] = 0,85$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_{\kappa}} = \frac{243}{265} = 0,92;$$

$$\lambda_3 = \lambda_{i3} \cdot \lambda_{w3} = 0,85 \cdot 0,92 = 0,78$$

Для КМ4:

$$\Delta P_{вс} = 0,03 \cdot P_0 = 0,03 \cdot 3,13 = 0,094 \text{ бар - депресія на всмоктуванні;}$$

$$\Delta P_{наг} = 0,05 \cdot P_{\kappa} = 0,05 \cdot 12 = 0,6 \text{ бар - депресія на нагнітанні;}$$

$$\lambda_{i4} = \frac{3,13 - 0,094}{3,13} - 0,03 \cdot \left[\left(\frac{12,6 + 0,63}{3,13} \right)^{1,1} - \frac{(3,13 - 0,094)}{3,13} \right] = 0,88$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_{\kappa}} = \frac{265}{305} = 0,87;$$

$$\lambda_4 = \lambda_{i4} \cdot \lambda_{w4} = 0,9 \cdot 0,87 = 0,78$$

Визначаю необхідну теоретичну об'ємну продуктивність компресорів:

$$V_{h1} = \frac{V_{д1}}{\lambda} = \frac{0,34}{0,69} = 0,49; \frac{м^3}{с}$$

$$V_{h2} = \frac{V_{д2}}{\lambda} = \frac{0,19}{0,81} = 0,23; \frac{м^3}{с}$$

$$V_{h3} = \frac{V_{д3}}{\lambda} = \frac{0,099}{0,78} = 0,127 \frac{м^3}{с}$$

$$V_{h4} = \frac{V_{д4}}{\lambda} = \frac{0,333}{0,78} = 0,426 \frac{м^3}{с}$$

Для $V_{\kappa1}$ обираю 2 компресори GEA Grasso V 1100 з теоретичною об'ємною продуктивністю $V_1 = 955 \frac{м^3}{год}$. Характеристики компресора GEA Grasso V 1100 наведено у таблиці 8.2.

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

00.КР.142.008.010.2022 ПЗ

Таблиця 8.2

Марка компресора	GEA Grasso V 1100
Об'ємна продуктивність компресора V, м ³ /год	955
Частота обертання, об/хв	1200
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	1304
- ширина	1072
- висота	1013
Маса, кг	1054

Для $V_{км2}$ обираємо 2 компресори GEA Grasso V 600 з теоретичною об'ємною продуктивністю $V_1 = 580 \frac{м^3}{год}$. Характеристики компресора GEA Grasso V 600 наведено у таблиці 8.3:

Таблиця 8.3

Марка компресора	GEA Grasso V 600
Об'ємна продуктивність компресора V, м ³ /год	580
Частота обертання, об/хв	1500
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	1425
- ширина	940
- висота	910
Маса, кг	1042

Для $V_{км3}$ обираємо 2 компресори GEA Grasso V 300 з теоретичною об'ємною продуктивністю $V_1 = 290 \frac{м^3}{год}$. Характеристики компресора GEA Grasso V 300 наведено у таблиці 8.4:

Таблиця 8.4

Марка компресора	GEA Grasso V 300
Об'ємна продуктивність компресора V, м ³ /год	290
Частота обертання, об/хв	1450

$$N_{e-33} = \frac{N_{i-33}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{25,73}{0,9} = 28,589 \text{ кВт}$$

$$N_{e-30} = \frac{N_{i-30}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{14,33}{0,9} = 15,922 \text{ кВт}$$

$$N_{e-8} = \frac{N_{i-8}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{185,85}{0,9} = 206,5 \text{ кВт}$$

Визначаю електричну потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ел-43}} = \frac{N_{e-43}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{53,71}{0,95} = 56,54 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ел-33}} = \frac{N_{e-33}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{28,589}{0,95} = 30,1 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ел-30}} = \frac{N_{e-30}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{15,922}{0,95} = 16,76 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ел-8}} = \frac{N_{e-8}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{206,5}{0,95} = 217,37 \text{ кВт}$$

За розрахованими електричними потужностями обираємо двигуни для даних компресорів:

$$\text{Для КМ1: } N_{\text{двигуна-43}} = 1,1 \cdot \frac{56,54}{2} = 31,1 \text{ кВт}$$

$$\text{Для КМ2: } N_{\text{двигуна-33}} = 1,1 \cdot \frac{30,1}{2} = 16,55 \text{ кВт}$$

$$\text{Для КМ3: } N_{\text{двигуна-30}} = 1,1 \cdot \frac{16,76}{2} = 9,22 \text{ кВт}$$

$$\text{Для КМ4: } N_{\text{двигуна-8}} = 1,1 \cdot \frac{217,37}{2} = 119,55 \text{ кВт}$$

Технічні характеристики обраних електродвигунів для компресорів зведено до таблиці 8.4.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.4

Марка компресора	GEA Grasso V 1100 (2 шт.)	GEA Grasso V 600 (2 шт.)	GEA Grasso V 300 (2 шт.)	GEA Grasso V 1100 (2 шт.)
Серія	АИР200М4	АИР160М4	АИР132М4	АИР280М4
Синхронна частота обертання, об/хв	1500	1500	1500	1500
P_n , кВт	37	18,5	11	132
ККД, %	92	90	88,4	94,8
cosφ	0,87	0,86	0,84	0,88

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

9. Вибір теплообмінного обладнання та тепломасообмінних апаратів

9.1. Розрахунок і вибір кожухотрубного конденсатора

Розраховуємо середню логарифмічну різницю температур:

$$\Delta t = \frac{t_{\omega 2} - t_{\omega 1}}{\ln\left(\frac{t_k - t_{\omega 1}}{t_k - t_{\omega 2}}\right)} = \frac{30 - 26}{\ln\left(\frac{32 - 26}{32 - 30}\right)} = 3,64 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Визначаю площу поверхні теплопередачі конденсатора:

$$F = \frac{Q_{\text{кд}}}{k \cdot \Delta t} = \frac{1185,3}{1 \cdot 3,64} = 325,63 \text{ м}^2$$

k_k - коефіцієнт теплопередачі для кожухотрубного аміачного конденсатора;

Визначаю витрату охолоджувальної води на конденсатор:

$$V_{\text{вод}} = \frac{Q_{\text{кд}}}{c \cdot \rho \cdot \Delta t} = \frac{1185,3}{4,2 \cdot 1000 \cdot 4} = 0,07 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Обираємо два кожухотрубних горизонтальний конденсатора КТГ-200 з площею теплообміну 190 м² кожний.

Характеристика конденсатора КТГ-200:

Таблиця 9.1

Марка	КТГ-200
Кількість теплообмінних труб	614
Конструктивні розміри, мм	
діаметр $D_{\text{вн}}$	1000
ширина	1330
довжина	5750
висота	1670

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бігун Р.Р.			Вибір теплообмінного обладнання та тепломасообмінних апаратів	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ ХМ-4-12ск		

Маса, кг	5645
Підключення, мм	
вхід аміаку	100
вихід аміаку	40
вхід води	200
вихід води	200

9.2 Розрахунок і вибір повітроохолодників

На прикладі однієї з камер розглянемо розрахунок та підберемо повітроохолодник. Камера зберігання морозива №1:

Теплове навантаження на камерне обладнання:

$$Q_{\text{обл}} = 19,767 \text{ кВт}$$

Визначаю площу поверхні теплообміну повітроохолодника:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k_{\text{ox}} \cdot \Delta t}, \text{ м}^2$$

$$\Delta t = 8^\circ\text{C}$$

$k_{\text{ox}} = 12,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопередачі для аміачного повітроохолодника.

$$F = \frac{19,767}{0,0125 \cdot 8} = 197,67 \text{ м}^2$$

Обираю два повітроохолодники Guntner серії GHS 051D/15 з площею поверхні теплопередачі 108,1 м².

За аналогічним розрахунком підбираємо повітроохолодники для інших камер.

Результати розрахунків зводжу до таблиці 9.2.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Назва камери	Теплове навант. $Q_{обл}, \text{кВт}$	Площа теплообміну $F, \text{м}^2$	Площа теплообміну підбраного повітроохолодника $F, \text{м}^2$
Камера зберігання морозива (№1)	19,767	197,67	216,2
Камера зберігання морозива (№2)	17,971	179,71	180
Камера зберігання морозива (№3)	17,971	179,71	180
Камера зберігання масла	11,42	114,2	134,5
Автомобільна платформа	23,393	233,93	242,1
Приміщення для технологічних операцій	15,491	154,91	180
Приміщення зберігання охолодженої сировини	15,9	159	180
Приміщення зберігання сухої	18,692	186,92	194,9

Для камер зберігання морозива № 2,3 обираю повітроохолодник:

Обираю повітроохолодник Guntner серії GHS 066D/15 з площею поверхні теплопередачі 180 м².

Для камери зберігання масла обираю повітроохолодник:

Обираю повітроохолодник Guntner серії GHS 066C/15 з площею поверхні теплопередачі 134,5 м².

Для автоплатформи обираю повітроохолодник:

Обираю повітроохолодник Guntner серії GHS 071D/15 з площею поверхні теплопередачі 242,1 м².

Для приміщення для технологічних операцій обираю повітроохолодник:

Обираю повітроохолодник Guntner серії GHS 066D/15 з площею поверхні теплопередачі 180 м².

Для приміщення зберігання охол. сир. обираю повітроохолодник:

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

10. Розрахунок охолодника оборотної води (градирні)

Теплове навантаження градирні рівне тепловому навантаженню на конденсатор:

$$Q_{гр} = Q_{кд} = 1185,3 \text{ кВт}$$

Визначаю площу поперечного перерізу градирні:

$$q_F = 35 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \text{ - питома теплова загрузка на } 1 \text{ м}^2.$$

$$F_{п.п} = \frac{1185,3}{35} = 33,86 \text{ м}^2$$

Обираємо вентиляторну градирню АКВАНН модель АКВА - 36, площа поперечного перерізу якої $F_{гр} = 36 \text{ м}^2$.

Характеристики вентиляторної (секційної) градирні марки АКВА – 36 наводжу у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1

Технічні характеристики градирні АКВА - 36	
Площа зрошення, м ²	36
Розмір секції, м × м	6 × 6
Кількість секцій, шт	2
Витрата води на секцію, м ³ /год	180
Маса на секцію, кг	7000

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок охолодника оборотної води (градирні)					
Розроб.		<i>Бігун Р.Р.</i>						Лист	Лист	Листів
Перевір.		<i>Бондар В.І.</i>								
Реценз.								<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		
Н. Контр.										
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>								

11. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

11.1. Лінійний ресивер

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

$$V_{л.р.} = 0,4 \cdot V_{ПО}; м^3$$

$V_{ПО}$ - внутрішній об'єм труб повітроохолодників:

$$V_{л.р.} = 0,4 \cdot (2 \cdot 28 + 4 \cdot 46 + 35 + 61 + 77) = 0,165 м^3$$

Приймаю до встановлення 1 лінійний горизонтальний ресивер 1АРД-0,75.

Технічна характеристика ресивера в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1

Марка	1АРД-0,75
Габаритні розміри, мм	
D x S	600x6
L	3200
Місткість, л	770
Маса, кг	340

11.2. Циркуляційні ресивери

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

$$V_{цр} = K[V_{н.т.} + 0,5 \times V_{по} + 0,3 \times V_{в.т.}]$$

де $V_{н.т.}$ – внутрішній об'єм нагнітаючого трубопроводу аміачного насосу;

$V_{в.т.}$ – внутрішній об'єм трубопроводів сумісного відсмоктування пари і зливу рідини.

1)Циркуляційний ресивер ($t_0 = -43 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$V_{цр, -43} = 2 \cdot [V_{н.т.} + 0,5 \cdot (V_{ПО}) + 0,3 \cdot V_{в.т.}] = 2 \cdot [0,076 + 0,5 \cdot 0,362 + 0,3 \cdot 0,38] = 0,742 м^3 ;$$

Приймаю циркуляційний ресивер марки РЦЗ-1,25.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бігун Р.Р.				Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки	Лист	Лист	Листів
Перевір.	Бондар В.І.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Петренко В.П.							
						НУХТ ХМ-4-12ск		

2)Циркуляційний ресивер ($t_0 = -33 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$V_{ц.р.-33} = 2 \cdot [0,114 + 0,5 \cdot 0,362 + 0,3 \cdot 0,57] = 0,932 \text{ м}^3 ;$$

Приймаю циркуляційний ресивер марки РЦЗ-1,25.

3)Циркуляційний ресивер ($t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$V_{ц.р.-30} = 2 \cdot (0,087 + 0,5 \cdot 0,362 + 0,3 \cdot 0,266) = 0,695 \text{ м}^3 ;$$

Приймаю циркуляційний ресивер марки РЦЗ-1,25.

4)Циркуляційний ресивер ($t_0 = -8 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$V_{ц.р.-8} = 2 \cdot (0,114 + 0,5 \cdot 0,362 + 0,3 \cdot 0,36) = 0,806 \text{ м}^3 ;$$

Приймаємо 1 циркуляційний ресивер марки РЦЗ-1,25.

Технічні характеристики ресивера марки РЦЗ-1,25 наведено у таблиці 11.2.

Таблиця 11.2

Марка	РЦЗ-1,25
Габаритні розміри, мм	
D	1000
L	3320
Загальний об'єм, л	1250
Діаметр патрубків, мм	
всмоктування компресора	200
повернення із випарника	200
впорскування рідини	200
всмоктування насосів	200
дренажний	80

11.3. Мастиловіддільник

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

Для усіх компресорів з діаметром нагнітального трубопроводу – 70 мм вибираємо мастиловіддільник 80М.

Технічні характеристики мастиловіддільників наведено у табл.11.6.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.6

Аміачні мастиловіддільники	Розміри, мм		Об'єм, м ³	Маса, кг
	D	H		
80M	307	1351	0,08	139

11.4. Мастилозбірник

В якості мастилозбірника приймаємо МС-60. Об'єм 170 л. Розміри, мм: D=500, H=1870. Розміри наведено у таблиці 11.7.

Таблиця 11.7

Мастилозбірник	Розміри, мм		Об'єм, л	Маса, кг
	D	H		
МС-60	500	1870	170	до 220

12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

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

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

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

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

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

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

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

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

$h_{\text{св}}$ - висота підйому холодоагенту, м.

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

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах	Лист.	Лист	Листів
Розроб.		Бігун Р.Р.						
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.			НУХТ ХМ-4-12ск			

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

$\lambda_{тр}$ - коефіцієнт тертя в нагнітальному трубопроводі

d - діаметр нагнітального трубопроводу, мм

ρ - густина аміаку в нагнітальному трубопроводі, кг/м³

ω - швидкість аміаку в нагнітальному трубопроводі, м/с

l - довжина трубопроводу, м

$\sum \xi_m$ - сума місцевих опорів.

Внутрішній діаметр круглої труби:

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

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

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

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

$$M = n_u \cdot m, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$n_u = 5$ - кратність циркуляції.

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

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

12.1. Розрахунок діаметру трубопроводів

1) Всмоктувальний трубопровід компресорів, які працюють на температуру кипіння $t_0 = -43^\circ\text{C}$:

$$M = 0,182 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = \frac{1}{\vartheta_{8п}} = \frac{1}{1,86} = 0,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$\omega = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - задаємося по таблицях.

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

00.КР.142.008.010.2022 ПЗ

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,9}{3,14 \cdot 2,7 \cdot 20}} = 0,145 \text{ м}$$

Приймаю трубу $d_y = 150 \text{ мм}$;

8) Нагнітальний трубопровід компресорів, які працюють на температуру кипіння $t_0 = -8^\circ\text{C}$:

$$M = 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = \frac{1}{\vartheta_2} = \frac{1}{0,128} = 7,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$\omega = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - задаємося по таблицях.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,9}{3,14 \cdot 7,8 \cdot 25}} = 0,077 \text{ м}$$

Приймаємо трубу $d_y = 9 \text{ мм}$

9) Трубопровід від циркуляційних насосів до випарників, що працює на температуру кипіння $t_0 = -43^\circ\text{C}$:

$$M = 0,182 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = \frac{1}{\vartheta_{8,1}} = \frac{1}{0,002} = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

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

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,182 \cdot 3}{3,14 \cdot 500 \cdot 0,5}} = 0,053 \text{ м}$$

Приймаю трубу $d_y = 60 \text{ мм}$;

10) Трубопровід після випарників, що працює на температуру кипіння $t_0 = -43^\circ\text{C}$:

$$M = 0,182 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

$$\rho = \frac{1}{\vartheta_{6п}} = \frac{1}{0,97} = 1,03 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$\omega = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - задаємося по таблицях.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_{mp} = 0,11 \times \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left(\frac{0,06}{32} + \frac{64}{394} \right)^{0,25} = 0,07;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,07}{0,032} \times \frac{714 \times 0,5^2}{2} = 195 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 20 \text{ м}$:

$$\Delta P_{mp} = R \times l = 195 \times 20 = 3900 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 3391 + 3900 = 7291 \text{ Па}.$$

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = 5 + \frac{7291}{714 \cdot 9,81} = 6,04 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-45)}}{\rho_{-45}} = 5 \cdot \frac{0,184}{714} = 0,0012 \text{ м}^3 / \text{с} = 4,63 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Обираю 2 насоси (1 запасний) марки Hermetic типу CAM 2/2 AGX3.0.

Технічна характеристика насоса наведено у табл.12.1

Таблиця 12.1

Марка насоса	CAM 2/2 AGX3.0
Максимальна продуктивність, м ³ /год	1-10
Потужність, кВт	3
Розміри	
Довжина	536
Ширина	218
Висота	250
Маса, кг	48

2) Ам'ячний насос для температури кипіння $t_0 = -35^\circ\text{C}$

Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до фризерних апаратів.

зворотний клапан $\xi = 6$

Розміри	
Довжина	419
Ширина	160
Висота	210
Маса, кг	27

4) Аміачний насос для температури кипіння $t_0 = -6^\circ\text{C}$

Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до приміщення для технологічних операцій.

зворотний клапан $\xi = 6$

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

коліно 90° (6 шт.) $\xi = 6 \cdot 0,5 = 3$

фільтр рідинний $\xi = 6$

вентиль соленоїдний $\xi = 10$

вентиль регулюючий $\xi = 12$

$$\sum \xi_m = 6 + 3 + 3 + 6 + 10 + 12 = 40;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 40 \times \frac{714 \times 0,5^2}{2} = 3570 \text{ Па};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{ен}} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,04 \times 714}{29 \times 10^{-3}} = 492; \quad \text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \times \left(\frac{k}{d_{\text{ен}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left(\frac{0,06}{40} + \frac{64}{492} \right)^{0,25} = 0,066;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,066}{0,04} \times \frac{714 \times 0,5^2}{2} = 147,2 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 30 \text{ м}$:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R \times l = 147,2 \times 30 = 4416 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 3570 + 4416 = 7986 \text{ Па}.$$

Потрібний напір насоса:

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібний напір насоса:

$$H = 5 + \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \cdot g} = 5 + \frac{11939}{1127 \cdot 9,81} = 6,07 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V_p = \frac{Q_{вир}}{c_p \rho \Delta t} = \frac{112,6}{4,19 \times 1000 \times 4} = 0,0067 \text{ м}^3/\text{с} = 24 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Обираю 2 насоси (1 резервний) Wilo-Irg 100/225-30/2

Технічна характеристика насоса наведено у таблиці 12.4.

Таблиця 12.4

Максимальна подача насоса, м ³ /год	300
Умовний прохід	DN150
Частота обертання, об/хв	1000
Максимальний напір, м	15
Потужність, кВт	23
ККД, %	0,92
cosφ	0,85

13. Техніко-економічні показники проекту

Економічний розрахунок необхідно проводити для визначення вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на використання електроенергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників економічної ефективності проекту фабрики морозива у м. Суми.

13.1 Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху зводимо до таблиці 13.1.

Таблиця 13.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-сть	Р _{ел} , кВт	Σ Р _{ел} , кВт	Р _{ел} , тис. кВт·год
1	Компресор GEA Grasso V 1100	2	37	74	355,2
2	Компресор GEA Grasso V 600	2	18,5	37	177,6
3	Компресор GEA Grasso V 300	2	11	22	105,6
4	Компресор GEA Grasso V 1100	2	132	264	1267,2
5	Насос Hermetic типу САМ 2/2 AGX3.0.	4	3	12	60
6	Насос Hermetic типу САМ 1/2 AGX1.0	4	1	4	20
7	Насос Wilo-Ipg 100/225-30/2	4	23	92	276
8	Вентилятори повітроохолодників:				
	<u>051D/15</u>	2	0,5	1	4,8
	<u>066C/15</u>	1	0,55	1,1	5,28
	<u>066D/15</u>	4	0,58	2,32	11,13
	<u>071D/15</u>	1	0,65	0,65	3,12
	<u>071E/18</u>	1	0,7	0,7	3,36
9	Вентилятор градирні	1	4,5	4,5	21,6
Річна витрата електроенергії					2310,89

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бігун Р.Р.</i>			<i>Техніко-економічні показники проекту</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>				<i>НУХТ ХМ-4-12ск</i>		

13.2. 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.

Приведена холодопродуктивність, що забезпечує потреби камер зберігання сировини, технологічні операції:

$$Q_0 = Q_{0(-8)} \cdot k = 445,419 \cdot 0,76 = 338,518 \text{ кВт}$$

Приведена холодопродуктивність, що забезпечує потреби камер з фризером та зберігання морозива та масла:

$$Q_0 = Q_{0(-30)} \cdot k = 98,045 \cdot 1,8 = 176,481 \text{ кВт}$$

Приведена холодопродуктивність, що забезпечує потреби камер з фризером та зберігання морозива та масла:

$$Q_0 = Q_{0(-43)} \cdot k = 399 \cdot 1,8 = 718,2 \text{ кВт}$$

Загальна приведенного холодопродуктивність:

$$\sum Q_0 = 338,518 + 176,481 + 718,2 = 1233,2 \text{ кВт};$$

Час роботи обладнання при максимальному навантаженні 4800 годин на рік.

Кількість виробленого приведенного холоду за рік буде складати:

$$\sum Q_0 = 1233,2 \cdot 4800 = 5919355,2 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$N = P_{\text{ел}} \cdot n$$

де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13.3. Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання:

Таблиця 13.2

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн		Загальні витрати, тис. грн
		Придба-ння	Монтаж	
Компресор GEA Grasso V 1100	4	940	235	3995
Компресор GEA Grasso V 600	2	580	145	1450
Компресор GEA Grasso V 300	2	320	80	800
Електродвигун АИР200М4	2	98,4	12	110,4
Електродвигун АИР160М4	2	53	10	63
Електродвигун АИР132М4	2	33,8	7	40,8
Електродвигун АИР280М4	2	272,8	20	292,8
Насос Hermetic типу САМ 2/2 АGX3.0.	4	248	62	1240
Насос Hermetic типу САМ 1/2 АGX1.0	4	228	57	1140
Насос Wilo-Ipg 100/225-30/2	4	180	45	900
Повітроохолодник <u>Guntner 051D/15</u>	2	55	12	67
Повітроохолодник <u>Guntner 066D/15</u>	4	120	20	140
Повітроохолодник <u>Guntner 066C/15</u>	1	27,5	5,5	33
Повітроохолодник <u>Guntner 071D/15</u>	1	35	8	33
Повітроохолодник <u>Guntner 071E/18</u>	1	42	8	50
Пластинчастий ТО <u>Thermowave TL 50</u>	1	115	15	130
Циркуляційний ресивер <u>РЦЗ-1,25.</u>	2	75	38	226
Лінійний ресивер <u>1АРД-0,75.</u>	1	60	15	75
Конденсатор КТГ-200	2	300	150	900
Мастиловіддільник 80М	4	45	11	168
Градирня АКВА - 36	1	120	30	150
Мастилозбірник МС-60	1	20	5	25
Разом				12029

Ціна за 1 кВт. год електроенергії становить: $C_{ел} = 3,2$ грн.

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел.р} = P_p \cdot C_{ел}$$

$$B_{ел.р} = 2310,89 \cdot 3,2 = 7394,985 \text{ тис.грн.}$$

13.4. Витрати на поповнення системи мастилом

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13.7. Визначення амортизаційних відрахувань:

Приймаю наступні норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 10% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \times 0,1 = 12029 \times 0,1 = 1202,9 \text{ тис. грн.}$$

13.8. Визначення інших видів витрат

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

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

$$B_{рем} = A_{обл} \times 0,2$$

$$B_{рем} = 1202,9 \times 0,2 = 240,58 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{пуск} = B_{обл} \times 0,02$$

$$B_{пуск} = 12029 \times 0,02 = 240,58 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{ін} = A_{обл} \times 0,03$$

$$B_{ін} = 1202,9 \times 0,03 = 36,087 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

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

$$\Sigma B = 240,58 + 240,58 + 36,087 = 517,247 \text{ тис. грн}$$

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

Таблиця 13.4

Статті витрат	Значення витрат тис. грн.
	Проект
Електроенергія	7394,985
Масило	7,5
Холодильний агент R717	29
Оплата праці	1392

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Амортизація	1202,9
Інші витрати	517,247
Разом	10543,632

Кількість виробленого холоду:

$$\sum Q_0 = 1233,2 \cdot 4800 = 5919355,2 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Собівартість холоду: $\Delta C = \frac{10543,632}{5919,3552} = 1,78 \text{ (грн/кВт} \cdot \text{год)}$

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Охорона праці

У даному розділі дипломного проекту на тему «Проект холодозабезпечення фабрики морозива продуктивністю 30 т/добу у м. Суми» розглядається виконання заходів щодо охорони праці на підприємстві. Фабрику спроектовано з використанням новітнього сучасного холодильного обладнання. Конструкція холодильника і машинного відділення виконана з залізобетонної конструкції. Так як на фабриці спроектовано аміачну холодильну установку, приміщення машинного відділення знаходиться не в окремій добудованій будівлі біля холодильника, а на відстані 6 метрів від автомобільної платформи.

Аміачна холодильна установка працює майже 24 годин на добу, а її робота є джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які діють на обслуговуючий персонал даної установки. Перерахуємо їх:

1) Шкідливі виробничі фактори:

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

2) Небезпечні виробничі фактори:

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

Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання

Огороджуючі конструкції машинного відділення мають легко скидні елементи (вікна та ін.). Вікна – однорядні зі звичайного скла. Висота машинного відділення до низу несучих конструкцій покриття 4 м.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бігун Р.Р.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ ХМ-4-12ск		

При розробці нового, модернізації і ремонті експлуатованого обладнання, що здійснює при роботі вібрацію, повинні передбачатись заходи щодо найбільшого її зниження як в джерелі її виникнення, так і на шляху розповсюдження.

Основою профілактики вібраційної хвороби є застосування обладнання й інструментів з параметрами вібрації, що не перевищують ГОСТ 12.1.012-78, а також введення прогресивних технологій, виключаючи дію виробничої вібрації на робочих.

При конструюванні вібробезпечних машин застосовують методи, які, знижуючи параметри вібрації взаємодією на джерела збудження, виключають резонансні режими роботи.

Компресори встановлені на спеціальних підставках, які закріпленні на пружинах, це значно зменшує вібрації. Для зменшення впливу вібрації, що викликається роботою компресорів, також додержуються таких умов: трубопроводи, що приєднуються до машини, не жорстко кріпляться до конструкцій будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсаційні пристрої; трубопроводи, що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

Освітлення

Правильно виконане раціональне освітлення промислових підприємств має важливе значення для виконання усіх видів робіт. Світло є важливим стимулятором не тільки зорового аналізатора, але й організму в цілому. Для людини день і ніч, світло і темрява визначають біологічний ритм - бадьорість та сон. Отже, недостатня освітленість або її надмірна кількість знижує рівень збудженості центральної нервової системи і, природна, активність усіх життєвих процесів.

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничих травм. Таким чином, вимоги, які ставляться до раціонального освітлення:

1. Достатня освітленість робочого місця (нормована).

									Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.010.2022 ПЗ				

Посудини з умовами роботи, відмінними від посудини першої групи, належать до другої групи. Вимоги техніки безпеки до таких посудин наведені у галузевих правилах із техніки безпеки і виробничої санітарії. Вони не підлягають реєстрації в органах Держнаглядохоронпраці України. Нагляд за об'єктами цієї групи організує керівник підприємства, який несе відповідальність за безпечну експлуатацію та використання по ремонту цих об'єктів.

Для своєчасного виявлення можливих дефектів обладнання, що працює під тиском, воно підлягає технічному опосвідченню перед запуском в роботу, періодично в процесі експлуатації – і в необхідних випадках позачергово. Періодичне технічне опосвідчення компресорних та стаціонарних посудин буває двох видів:

- зовнішній і внутрішній огляд – не рідше одного разу на 4 роки;
- гідравлічне випробування – не рідше одного разу на 8 років.

Вибухи при роботі компресорів можуть відбуватися внаслідок перевищення тиску стисненого повітря, підвищення його температури при стисненні та утворенні вибухонебезпечних сумішей кисню з легкими продуктами розкладу мастил, а також при порушенні вимог безпеки в процесі обслуговування, експлуатації та догляду за технічним станом компресорів. Вони призводять до руйнування як самого компресора, так і будови, у якій він розміщений, а також до травм обслуговуючого персоналу із важкими наслідками.

Для безаварійної експлуатації компресорних слід додержуватись вимог безпеки, що викладені в державних стандартах та інструкціях з техніки безпеки.

Контрольно-вимірювальні прилади

Для візуальних показчиків рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовуються плоске оглядове скло.

Для спостереження за робочими тисками всмоктування на всмоктувальній магістралі, нагнітання – нагнітальній магістралі, кожного компресора встановлено манометри.

Спрацювання приладів захисту дублюється звуковим сигналом в машинному відділенні.

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніка безпеки

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

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

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

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

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця, в результаті якого вони освоюють обслуговування конкретної установки і підтримання нормальних режимів її роботи, і відповідної перевірки знань. Стажування проводять досвідчені наставники. Допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству. Холодильна установка обслуговується одним машиністом в зміну. Інструктаж по охороні праці обов'язковий для всіх, хто поступив на роботу і працюючих, не залежно від їх стажу і кваліфікації.

Електробезпека

Електрообладнання компресорного цеху відповідають вимогам ПВЕ "Правила влаштування електроустановок", ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ "Электробезопасность. Защитное заземление, зануление", ДНАОП 1.1.10 – 1.01-97 "Правила безпечної експлуатації електроустановок", а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

					<i>00.КР.142.008.010.2022 ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві:

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

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

3. Заземлення електричного обладнання.

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

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

6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.

7. Планово-попереджувальні роботи.

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 СніП 2.11.02-87 "Холодильники" машинне відділення за вибухо-пожежонебезпекою відноситься до категорії Д, згідно ОНТП 24-86, або до пожежонебезпечної зони—класу П-І, згідно ПУЕ.

Система запобігання пожежі передбачає:

—наявність огорожуючи конструкцій будівлі машинного відділення, легко скидних елементів (вікна);

—аварійну витяжну вентиляція;

—світлозвукову сигналізацію, табло над входом у машинне відділення;

					00.КР.142.008.010.2022 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

