

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)

(підпис) **Сергій БЛАЖЕНКО**
(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) **Валентин ПЕТРЕНКО**
(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: _____ **Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т.** у
м. Дніпропетровськ

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

Вовкула Костянтин Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник _____ **Серьогін Олександр Олександрович**
(прізвище, ім'я та 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 НУХТ**

Петренко В.П.

« 31 » березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вовкули Костянтина Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи : Проект промислового холодильника сирзаводу
місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ

керівник роботи професор, доктор технічних наук Серьогін Олександр
Олександрович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 року №167-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2022

3. Вихідні дані до роботи: Продукт – сир; технологія – зберігання та дозрівання;
холодоагент - R22; ізоляційний матеріал - ПСБ – С.

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

Визначення числа і розмірів холодильних камер. Планування холодильника;

Вибір будівельних конструкцій та ізолюючих матеріалів;

Розрахунок ізоляції;

Тепловий розрахунок холодильних камер;

Вибір системи охолодження і типу холодильної установки;

Розрахунок і підбір основного обладнання;

Розрахунок і підбір допоміжного обладнання;

Складання і опис схеми холодильної установки;

Автоматизація холодильної установки;

Монтаж холодильного обладнання;

Експлуатація холодильного обладнання;

Ремонт холодильного обладнання;

Охорона праці;

Економічний розрахунок.

5. Перелік графічного матеріалу

Виробничий холодильник

Схема трубопроводів виробничого холодильника

Схема автоматизації

Конденсатор повітряний

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	31.03. – 04.04.	Виконано
2	Виконання холодильної частини ДП	15.04. – 18.05.	Виконано
3	Вибір обладнання холодильної установки	19.05. – 20.05.	Виконано
4	Оформлення креслень та ПЗ	21.05. – 31.05.	Виконано
5	Здача готової роботи	03.06.2022 р.	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Вовкула К.К. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Серьогін О.О. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

В дипломному проекті розрахована та спроектована холодильна установка промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у місті Дніпропетровськ. В проекті розроблено холодильну схему, виконано підбір необхідного холодильного обладнання, спроектовано будівлю. Проект направлений на досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії під час роботи та досягнення необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах.

Наведено розрахунки холодоспоживання під час охолодження продукту, зроблено підбір конденсатора та випарника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

В дипломі містяться розділи: "Визначення числа і розмірів холодильних камер. Планування холодильника", "Вибір будівельних конструкцій та ізолюючих матеріалів", "Розрахунок ізоляції", "Тепловий розрахунок холодильних камер", "Вибір системи охолодження і типу холодильної установки", "Розрахунок і підбір основного обладнання", "Розрахунок і підбір допоміжного обладнання", "Складання і опис схеми холодильної установки", "Автоматизація холодильної установки", "Монтаж холодильного обладнання", "Експлуатація холодильного обладнання", "Ремонт холодильного обладнання", "Охорона праці", "Економічний розрахунок".

Проект виконаний на ПК, для розрахунків використовувалась програма: "Microsoft Office 2016".

Ключові слова: продукт – сир; технологія – зберігання та дозрівання; холодоагент - R22; ізоляційний матеріал - ПСБ – С.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Реценз.</i>									<i>3</i>	<i>78</i>
<i>Н. Контр.</i>								НУХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		

Зміст

Вступ.....	(5 – 8)
1. Вихідні дані для проектування.....	(9)
2. Визначення числа і розмірів холодильних камер. Планування холодильника.....	(10 – 13)
3. Вибір будівельних конструкцій та ізолюючих матеріалів.....	(14 – 15)
4. Розрахунок ізоляції.....	(16 – 17)
5. Тепловий розрахунок холодильних камер.....	(18 – 25)
6. Вибір системи охолодження і типу холодильної установки.....	(26)
7. Розрахунок і підбір основного обладнання.....	(27 – 37)
8. Розрахунок і підбір допоміжного обладнання.....	(38 – 39)
9. Складання і опис схеми холодильної установки.....	(40 – 41)
10. Автоматизація холодильної установки.....	(42 – 48)
11. Монтаж холодильного обладнання.....	(49 – 50)
12. Експлуатація холодильного обладнання.....	(51)
13. Ремонт холодильного обладнання.....	(52 – 53)
14. Охорона праці.....	(54 – 59)
15. Економічний розрахунок.....	(60 – 76)
Література.....	(77 – 78)

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>				4	78
<i>Реценз.</i>					НУХТ		
<i>Н. Контр.</i>					гр. ХМ-4-12ск		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					

Проект промислового
холодильника сирзаводу
місткістю 400 т. у м.
Дніпропетровськ

Вступ

Визрівання сиру

Визрівання, сиру є складним процесом біохімічного перетворювання білка, жиру і молочного цукру за заданих температурно-вологісних режимів упродовж деякого часу з метою формування смакових і ароматичних властивостей, характерних для певного виду сиру. Всі біохімічні зміни у сирній масі в процесі визрівання відбуваються під впливом ферментів, серед яких саме протеолітичні відіграють найістотнішу роль. Під дією сичужного ферменту й протеолітичних ферментів бактерій і мікроскопічних грибів білки перетворюються на різноманітні розчинні азотисті сполуки, що формують структуру, консистенцію, а також смак й аромат сиру. Молочний цукор повністю зброджується ферментами молочнокислих бактерій з утворенням молочної кислоти й інших продуктів. Жир і фосфоліпідні розщеплюються ліпазами зі звільненням жирних кислот тощо.

У визріванні м'яких сирів крім молочнокислих бактерій беруть участь культурна пліснява (для сирів Камамбер та Білий десертний) і мікрофлора сирного слизу (Дорогобузький, Латвійський, Пікантний та ін.), що розвиваються на поверхні, а також синьо-зелена пліснява, що розвивається в тісті сиру (Рокфор).

Разом із формуванням смаку й аромату в твердих сирах утворюється або не утворюється специфічний для кожного виду сиру рисунок (вічка).

Сичужний фермент розщеплює молекули параказеїну на поліпептиди, що в свою чергу, прискорює процес протеолізу казеїну бактеріальними ферментами. У сирах з високою температурою другого нагрівання сирного зерна фермент плазмін також впливає на параказеїн. У напівтвердих сирах обидва процеси визрівання відбуваються одночасно.

Під час визрівання сирів проходить також ферментація лактози

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>5</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

під впливом молочнокислих бактерій. У процесі чедеризації лактоза ферментована вже до формування згустку. При виготовленні інших сирів ферментацію лактози слід контролювати, щоб більша частина процесу розщеплення

відбувалася від початку пресування сиру до першого — другого тижня зберігання. Молочна кислота, що утворюється внаслідок молочнокислого бродіння, нейтралізується у сирі за рахунок буферних компонентів молока і є в готовому продукті у вигляді лактатів. На пізній стадії визрівання лактати створюють поживне середовище для пропіоновокислих бактерій у виробництві деяких груп твердих сирів. Окрім пропіонової та оцтової кислот під час зброджування виділяється значна кількість діоксиду вуглецю, що зумовлює формування характерних великих вічок у сирній масі. Лактати також можуть розщеплюватися маслянокислими бактеріями із виділенням водню, летких жирних кислот та діоксиду вуглецю. Така ферментація за рахунок активного утворення водню може призводити до здуття сиру.

У процесі визрівання сир набуває властивих певному виду сиру органолептичних показників, консистенція стає більш пластичною, м'якою, і для деяких сирів — масткою. Тривалість визрівання, потрібну температуру і вологість повітря в камері визрівання сиру наведено в технологічних інструкціях на виробництві окремих видів сирів. Так для сирів з низькою температурою другого нагрівання температурно-вологісний режим протягом усього процесу визрівання істотно не коливається. Для сирів з високою температурою другого нагрівання процес визрівання поділяють на кілька стадій, кожна з яких значно відрізняється за температурним режимом і вологістю повітря у сиросховищі. Особливості визрівання напівтвердих сирів зумовлені необхідністю розвитку на їхній поверхні мікрофлори сирного слизу.

Визрівання сиру починається з моменту активного розвитку молочнокислих бактерій у молоці, підготовленому до коагуляції. За встановленої оптимальної температури молока при внесенні бактеріальної закваски у ньому вже створюються умови для початку процесу визрівання сиру.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більша частина мікрофлори бактеріальної закваски захоплюється утвореною сіткою згустку і лише незначна її кількість переходить у сироватку.

При одержанні й обробленні згустку в результаті розвитку молочнокислих бактерій накопичується молочна кислота, потрібна на цьому етапі для прискорення відділення сироватки й кращого ущільнення сирного зерна. Під впливом молочної кислоти, змінюються фізичні властивості білка. Одночасно під дією молочної кислоти кальцієві й фосфорні солі переходять у розчин, унаслідок чого знижується в'язкість сирної маси, збільшується її гідрофільність. У процесі розрізування згустку, становлення сирного зерна й другого його нагрівання кількість мікроорганізмів у сирній масі істотно збільшується.

Зберігання сирів

Найскладнішим є зберігання сирів. Технологічний процес виготовлення сичужних сирів передбачає їх дозрівання з метою формування смаку і запаху в спеціальних підвалах чи камерах, де за допомогою систем кондиціонування повітря підтримується необхідний температурно-вологісний режим.

Готові сири зберігають у камерах холодильників із батареєю чи повітряною системою охолодження. В першому випадку циркуляція повітря природна, а у камерах з повітряною системою охолодження підтримують швидкість руху повітря до 0.4 м/с. Сири, за винятком розсільних, зберігають при температурі -4...0 °С і за відносної вологості повітря 85 – 90 % до 12 місяців.

Міжнародний інститут холоду рекомендує для зберігання твердих сичужних сирів температуру 2 °С, сирів типу голландського -0...-5 °С за відносної вологості повітря 90 %. За рекомендаціями [23] кращою є температура зберігання, близька до криоскопічної (-3 °С), при якій сповільнюються мікробіологічні та біохімічні процеси, а структура сиру добре зберігається. При цьому втрати маси знижуються в 2 - 3 рази, а термін зберігання зростає до 5 – 6 місяців. Сири у тарі (ящиках, барабанах) складають партіями у штабелі, між рядами прокладають рейки або складають у пакети на піддонах. Між штабелями ящиків чи барабанів залишають прохід завширшки 0.5 м.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швейцарський сир зберігають у стопах заввишки до п'яти кругів, залежно від маси, кожну стопу кладуть на дерев'яний круг чи піддон; розсільні сири та бринзу - в діжках з розсолем, які розміщують на решітках чи рейках трьома ярусами по висоті. Розсільні сири в тарі не рекомендується зберігати в одній камері з іншими видами сирів.

У процесі зберігання товарознавці (технологи) холодильника постійно контролюють температурно-вологісний режим: температуру повітря в камері перевіряють не менше як двічі на добу, а відносну вологість - один раз на добу. Для контролю температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в камерах зберігання сирів застосовують дистанційні автоматичні прилади. Коливання температури допускається лише під час завантаження і вивантаження сирів: за завантаженості камери від 20 до 50 % включно на 1 °С, понад 50 % на 2 °С.

Також ретельно контролюють якість сирів (смак, запах, консистенцію, стан поверхні) з такою періодичністю: при температурі 0...4 °С через кожні 7 діб, при температурі -4...0 °С через кожні 10 діб, розсільних сирів - щомісяця. У діжках перевіряють наявність розсолу, за потреби його доливають чи повністю замінюють. Під час зберігання швейцарського сиру в стопах головки перевертають при температурі 0...4 °С через 8 – 10 діб, а при -4...0 °С один раз на місяць.

Сири, на яких під час періодичного огляду були помічені поверхнева пліснява, пліснява під парафіновим покриттям, підпрівання кірки, порушення покриття тощо, піддають товарному обробленню (протирання, зачищення, парафінування), а за потреби - миють і висушують.

Відносна вологість повітря під час зберігання плавлених і сичужних сирів становить: при температурі 0...4 °С – 80-85 %, при 0...3 °С – 85...90 %.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вихідні дані для проектування

Середньорічна температура $t_{cp.p.} = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$

Зовнішня температура $t_3 = 31\text{ }^{\circ}\text{C}$

Камера №1

Умовна місткість $M_k = 200\text{ т}$

Температура надходження $t_{надх.} = +12\text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура зберігання $t_{зб.} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Технологія зберігання

Продукт сир

Камера №2

Умовна місткість $M_k = 200\text{ т}$

Температура надходження $t_{надх.} = +12\text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура зберігання $t_{зб.} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Технологія зберігання

Продукт сир

Камера №3

Вантажообіг $M_o = 30\text{ т/добу}$

Температура надходження $t_{надх.} = +16\text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура випуску $t_{вих} = +10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Час циклу $\tau_{ц} = 24\text{ години}$

Технологія дозрівання сиру

Продукт сир

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ		
Розроб.		Вовкула К.К.					
Перевір.		Серьогін О.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.			Літ.	Арк.	Акрушів
						9	78
					НУХТ гр. ХМ-4-12ск		

2. Визначення числа і розмірів холодильних камер.

Планування холодильника

2.1. Будівельна площа камери зберігання F^p_z , визначаю за формулою:

$$F^p_z = \frac{M_k}{q_v \cdot h \cdot \beta_F}; \text{м}^2 \quad (2.1)$$

де: M_k - місткість камери, т;

q_v - норма навантаження на 1 м³ об'єму камери, т/м³ ;

h - вантажна висота штабелю, м;

β_F - коефіцієнт використання площі камери ([1] с. 39).

$$F^p_z = \frac{200}{0,5 \cdot 3,5 \cdot 0,75} = 152 \text{ м}^2$$

2.2. Будівельна площа камер термічної обробки F^p_T :

$$F^p_T = \frac{M_o \tau}{q_F \cdot 24}; \text{м}^2 \quad (2.2)$$

де: τ – час холодильної обробки, год. ([2] с. 7-8);

q_F - норма завантаження на 1 м² будівельної площі камери, т/м² ([1] с. 39).

$$F^p_T = \frac{30 \cdot 24}{0,5 \cdot 24} = 60 \text{ м}^2$$

Приймаю стандартну сітку колон 6х6 м.

2.3. Число будівельних прямокутників n_p , для камери зберігання:

$$n_p = \frac{F^p}{f}, \quad (2.3)$$

де: f - будівельна площа прямокутника, м²:

$$f = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

$$n_p = \frac{152}{36} = 4,2 \approx 5$$

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Вовкула К.К.			Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ				
Перевір.		Серьогін О.О.		Літ.				Арк.	Акрушів
Реценз.								10	78
Н. Контр.				НУХТ					
Затверд.		Петренко В.П.		гр. ХМ-4-12ск					

Приймаю дійсне число прямокутників $n_d = 5$, площа F_d визначається:

$$F_d = n_d \cdot f = 5 \cdot 36 = 180 \text{ м}^2$$

2.4. Будівельна площа експедиції $F^p_{сек}$ для камери зберігання:

$$F^p_{сек} = \frac{0,5M_d}{0,35}; \text{м}^2 \quad (2.4)$$

де: M_d - добова видача вантажу, т/добу;

0,35 - норма навантаження на 1 м^2 будівельної площі.

$$F^p_{сек} = \frac{0,5M_d}{0,35} = \frac{0,5 \cdot (16 + 16)}{0,35} = 46 \text{ м}^2$$

2.5. Будівельна площа камер холодильника $\Sigma F^p_{хол}$:

$$\Sigma F^p_{хол} = \Sigma F^p_3 + \Sigma F^p_T; \text{м}^2 \quad (2.5)$$

де: ΣF^p_3 - будівельна площа камер зберігання вантажів м^2 ;

ΣF^p_T - будівельна площа камер термічної обробки, м^2 ;

$$\Sigma F^p_{хол} = \Sigma F^p_3 + \Sigma F^p_T = 2 \cdot 152 + 60 = 364 \text{ м}^2$$

2.6. Допоміжна площа холодильника $F^p_{дон}$:

$$F^p_{дон} = (0,2 \div 0,4) \Sigma F^p_{хол}; \text{м}^2 \quad (2.6)$$

$$F^p_{дон} = (0,2 \div 0,4) \Sigma F^p_{хол} = 0,2 \cdot 364 = 72 \text{ м}^2$$

2.7. Будівельна площа машинного відділення $F^p_{маш}$:

$$F^p_{маш} = (0,1 \div 0,2) \Sigma F^p_{хол}; \text{м}^2 \quad (2.7)$$

$$F^p_{маш} = (0,1 \div 0,2) \Sigma F^p_{хол} = 0,1 \cdot 364 = 36 \text{ м}^2$$

2.8. Будівельна площа службового приміщення $F^p_{сл}$:

$$F^p_{сл} = (0,1 \div 0,2) \Sigma F^p_{хол}; \text{м}^2 \quad (2.8)$$

$$F^p_{сл} = (0,1 \div 0,2) \Sigma F^p_{хол} = 0,1 \cdot 364 = 36 \text{ м}^2$$

2.9. Дійсна будівельна площа холодильника в контурі ізоляції $F^d_{к.із}$:

$$F^d_{к.із} = \Sigma F^p_{хол} + F^d_{екс} + F^d_{дон}; \text{м}^2 \quad (2.9)$$

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F^{\partial}_{к.із} = \Sigma F^p_{хол} + F^{\partial}_{екс} + F^{\partial}_{доп} = 364 + 72 + 72 = 508 \text{ м}^2$$

2.10. Дійсна загальна площа холодильника F^{∂} :

$$F^{\partial} = F^{\partial}_{к.із} + F^{\partial}_{маш} + F^{\partial}_{сл}; \text{ м}^2 \quad (2.10)$$

$$F^{\partial} = F^{\partial}_{к.із} + F^{\partial}_{маш} + F^{\partial}_{сл} = 508 + 36 + 36 = 580 \text{ м}^2$$

Всі розрахунки занесені до таблиці 2.1.

Планування холодильника зображене на рисунку 2.1.

	<i>Камера №1</i>		<i>Камера №2</i>		<i>ДП</i>	
	<i>Камера №3</i>		<i>Експедиція</i>		<i>МВ</i>	<i>СП</i>

Рис 2.1. Планування холодильника.

МВ – машинне відділення;

СП – службове приміщення;

ДП – допоміжне приміщення.

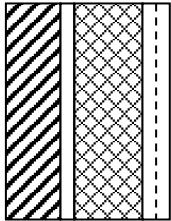
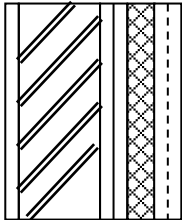
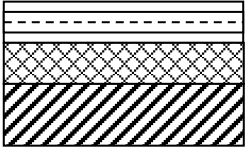
Таблиця 2.1.

Назва камер	Добове надходження вантажу	Час збереження продукту	Ємкість камери	Норма завантаження на 1 м ³	Норма завантаження на 1 м ²	Коефіцієнт використання площі	Висота штабелю вантажу	Площа прямокутника	Розрахункова площа камери	Розрахункове число прямокутників	Дійсне число прямокутників	Дійсна площа камер
	M_d т/доб	$t_{\text{доб}}$ год	T	q_v т/м ³	q_f	β_F	h м	f м ²	F^p м ²	n_p	n_d	F^d м ²
Камера холодильної обробки	30	24	30	-	0.5	0.75	3.5	36	60	1.7	2	72
Камера зберігання	16	-	200	0.5	-	0.75	3.5	36	152	4.2	5	180
Камера зберігання	16	-	200	0.5	-	0.75	3.5	36	152	4.2	5	180
Експедиція	-	-	-	-	-	-	-	36	46	1.3	2	72
Допоміжні приміщення	-	-	-	-	-	-	-	36	72	2	2	72
Машинне відділення	-	-	-	-	-	-	-	36	36	1	1	36
Службові приміщення	-	-	-	-	-	-	-	36	36	1	1	36
Площа холодильника в контурі ізоляції	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	508
Загальна площа холодильника	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	580

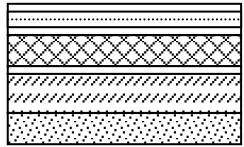
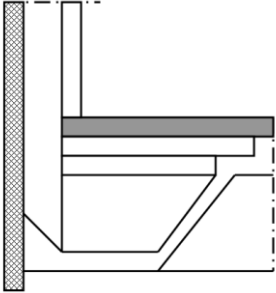
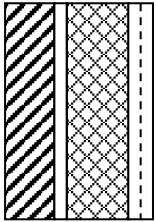
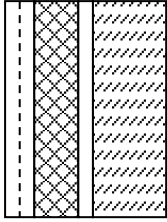
Змін.	Арк.	№ доклм.	Підпис	Дата

00 КР 14.2.008.418.2022 ПЗ

3. Вибір будівельних конструкцій та ізолюючих матеріалів

Найменування і конструкція огорожень	Найменування і матеріал шару	На шару δ_i , м	Коеф. теплопровідності λ_i , Вт/мК	Тепловий опір R_i м ² К/Вт
<p>Зовнішня стінова панель</p> 	<p>1. Штукатурка складним розчином по метал. сітці</p> <p>2. Теплоізоляція ПСБ-С</p> <p>3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці</p> <p>4. Зовнішній шар з важкого бетону</p>	<p>0,02</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,004</p> <p>0,140</p>	<p>0,98</p> <p>0,05</p> <p>0,30</p> <p>1,86</p>	<p>0,020</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,013</p> <p>0,075</p> <p>$\Sigma = 0,108$</p>
<p>Зовнішня стіна (з цегли)</p> 	<p>1. Штукатурка складним розчином по метал. сітці</p> <p>2. Теплоізоляція ПСБ-С</p> <p>3. Пароізоляція - 2шару гідроізолу на бітумній мастиці</p> <p>4. Штукатурка цементно-піщана</p> <p>5. Кладка цегляна на цементному розчині</p> <p>6. Штукатурка складним розчином</p>	<p>0,02</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,004</p> <p>0,20</p> <p>0,500</p> <p>0,020</p>	<p>0,98</p> <p>0,05</p> <p>0,30</p> <p>0,93</p> <p>0,81</p> <p>0,93</p>	<p>0,020</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,013</p> <p>0,022</p> <p>0,469</p> <p>0,022</p> <p>$\Sigma = 0,546$</p>
<p>Покриття охолоджуваних приміщень</p> 	<p>1. 5 шарів гідроізолу на бітумній мастиці</p> <p>2. Стяжка з бетону по метал. сітці</p> <p>3. Пароізоляція (шар пергаменту)</p> <p>4. Плитна теплоізоляція ПСБ-С</p> <p>5. Залізобетонна плита покриття</p>	<p>0,012</p> <p>0,040</p> <p>0,001</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,035</p>	<p>0,3</p> <p>1,86</p> <p>0,15</p> <p>0,05</p> <p>2,04</p>	<p>0,040</p> <p>0,022</p> <p>не врах.</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,017</p> <p>$\Sigma = 0,079$</p>

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Вовкула К.К.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.				14	78
Реценз.					НУХТ		
Н. Контр.					гр. ХМ-4-12ск		
Затверд.		Петренко В.П.			Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ		

<p>Підлога камер схову</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону 2. Армобетона стяжка 3. Пароізоляція (1 шар пергаміну) 4. Плитна теплоізоляція ПСБ-С 5. Цементно-піщаний розчин 6. Ущільнений пісок 7. Бетонна підготовка з електор нагрівальним устроєм 	<p>0,040</p> <p>0,080</p> <p>0,001</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,025</p> <p>1,35</p> <p>—</p>	<p>1,86</p> <p>1,86</p> <p>0,15</p> <p>0,05</p> <p>0,98</p> <p>0,58</p> <p>—</p>	<p>0,022</p> <p>0,043</p> <p>не врах.</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,026</p> <p>2,338</p> <p>—</p> <p>$\Sigma = 2,43$</p>
<p>Підлога охолоджувальних приміщень $t_{\text{кам}} \geq 0$</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону 2. Армобетонна стяжка 3. Керамзитобетонна стяжка. 4. Засипний теплоізоляційний матеріал (керамзитовий гравій) 5. Насипний ґрунт 6. Бетонна підготовка М100 7. Ґрунт основи 	<p>0,050</p> <p>0,080</p> <p>0,001</p> <p>треба визнач.</p> <p>—</p> <p>0,100</p> <p>—</p>	<p>1,86</p> <p>1,86</p> <p>0,15</p> <p>0,13</p> <p>—</p> <p>2,04</p> <p>—</p>	<p>0,027</p> <p>0,043</p> <p>не врах.</p> <p>треба визнач.</p> <p>—</p> <p>не врах.</p> <p>—</p>
<p>Перегородка між камерами</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Штукатурка складним розчином по метал. сітці 2. Теплоізоляція ПСБ-С 3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці 4. Зовнішній шар з важкого бетону 	<p>0,02</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,004</p> <p>0,080</p>	<p>0,98</p> <p>0,05</p> <p>0,30</p> <p>1,86</p>	<p>0,020</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,013</p> <p>0,043</p> <p>$\Sigma = 0,077$</p>
<p>Внутрішня стінова панель</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Панель з керамзитобетону ($\rho=1100 \text{ кг/м}^3$) 2. Пароізоляція – 2 шара гідроізола на бітумній мастиці 3. Плитна теплоізоляція ПСБ-С 4. Штукатурка складним розчином по метал. сітці 	<p>0,240</p> <p>0,004</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,020</p>	<p>0,47</p> <p>0,30</p> <p>0,05</p> <p>0,98</p>	<p>0,51</p> <p>0,013</p> <p>треба визнач.</p> <p>0,020</p> <p>$\Sigma = 0,543$</p>

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

00 КР 142.008.418.2022 ПЗ

Арк.

15

4. Розрахунок ізоляції

Розрахунок ізоляції проводять відповідно до вказівок ([1] с. 47-54, [2] с. 48-58). Коли температури в камерах відрізняються не більше ніж на 5 °С, то розрахунок для кожної камери проводити не варто.

Розрахунок проводять для камери, що має найнижчу температуру і отримані дані приймають для всіх камер. На практиці визначають коефіцієнт теплопередачі і товщину ізоляції для зовнішньої стіни, внутрішньої (між охолоджувальними і не охолоджуваним приміщеннями), перегородки між камерами, підлоги, перекриття.

4.1. Товщина теплоізоляційного шару огороження, δ_{iz} , м. визначається за формулою:

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \left[\frac{1}{\kappa_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] \quad (4.1)$$

де: λ_{iz} , λ_i - коефіцієнт теплопровідності ізоляційного і будівельного матеріалу, що складають конструкцію огороження прийнятих по таблиці 8.5 ([1]с. 51), 2.8 ([2]с. 50); Вт/мК;

κ_0 - потрібний коефіцієнт теплопередачі огороження, що приймають в залежності від характеру огороження і температури по обидві сторони від нього по таблиці 8.2 ([1] с. 48), ([2] с. 52); Вт/м²К;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої або найбільш теплої сторони огороження, вибирається в залежності від типу огороження і типу поверхні і приймається по таблиці 8.1 ([1] с. 47), 2.10 ([2] с. 54); Вт/м²К;

α_6 - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої або найбільш холодної

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					16	78
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

сторони огороження, вибирається по таблиці 8.1 ([1] с. 47); 2.10 ([2] с. 54); Вт/м²К;

δ_i - товщина окремих шарів конструкції огороження.

4.2. Дійсний коефіцієнт теплопередачі K_d , Вт/м²К визначається:

$$K_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}\right) + \frac{\delta^{Д_{із}}}{\lambda_{із}}}, \quad (4.2)$$

де: $\delta^{Д_{із}}$ - прийнята товщина ізолюючого шару, м.

Всі розрахунки заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Назва огороження	$t, ^\circ\text{C}$	$K_0, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$\alpha_3, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$\alpha_6, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$\frac{\delta_1}{\lambda_1}$	$\frac{\delta_2}{\lambda_2}$	$\frac{\delta_3}{\lambda_3}$	$\frac{\delta_4}{\lambda_4}$	$\frac{\delta_5}{\lambda_5}$	$\lambda_{із}, \text{Вт/мК}$	$\delta_{із}, \text{м}$	$\delta^0_{із}, \text{м}$	$K_0, \text{Вт/м}^2\text{К}$
Зовнішня стіна	5	0.44	23	9	0.02	0.013	0.022	0.469	0.022	0.05	0.08	0.1	0.37
Внутрішня стіна	5	0.52	8	9	0.51	0.013	0.02	-	-	0.05	0.06	0.075	0.44
Між камерами №1 та №2	5	0.58	9	9	0.02	0.013	0.043	-	-	0.05	0.07	0.075	0.56
Підлога	5	0.41	7	9	0.027	0.043	-	-	-	0.05	0.11	0.125	0.35
Покриття	5	0.42	23.3	9	0.04	0.022	0.017	-	-	0.05	0.11	0.125	0.37

5. Тепловий розрахунок камер

5.1 Навантаження на обладнання визначається, як сума теплопритоків:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 ; \text{ кВт}, \quad (5.1)$$

де: Q_1 - теплопритоки через огородження, кВт;

Q_2 - теплопритоки від вантажу, кВт;

Q_3 - теплопритоки від зовнішнього повітря при вентиляції;

Q_4 - експлуатаційні теплопритоки, кВт;

Q_5 - теплопритоки від "дихання" продуктів, кВт

5.2 Теплопритоки через огородження

Теплопритоки через огороджуючі конструкції, Q_1 , кВт визначаються як сума теплопритоків через стіни, перегородки, покриття, перекриття, підлогу, Q_T , а також за рахунок дії сонячної радіації, Q_c , кВт і через покриття і зовнішні стіни.

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c} \quad (5.2)$$

Теплопритоки через огородження розраховуються за формулами 9.3 і 9.4 ([1] с. 56); 3.1 і 3.2 ([1]с. 56-60).

5.2.1 Теплопритоки через стіни, перегородки, покриття визначаються за формулою 9.3 ([1] с. 56):

$$Q_{1T} = k_{\theta} \theta \cdot 10^{-3} = k_{\theta} F (t_3 - t_{\theta}) 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (5.3)$$

де: k_{θ} - дійсний коефіцієнт теплопередачі огородження;

00 КР 142.008.418.2022 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Вовкула К.К.		
Перевір.		Серьогін О.О.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ				
		Літ.	Арк.	Акрушів
		18	78	НУХТ гр. ХМ-4-12ск

F - площа поверхні огородження, м;

θ - розрахункова різниця температур, $^{\circ}\text{C}$;

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

t_6 - температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

5.2.2 Теплопритоки через підлогу визначаються за формулою 9.4 ([1] с. 56):

$$Q_{IT} = k_o F (t_3 - t_B) 10^{-3}, \text{кВт} \quad (5.4)$$

5.2.3 Теплопритоки від сонячної радіації визначаються за формулою 9.7 ([1]с. 57); 3.5 ([2] с. 61):

$$Q_{IT} = k_o F \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \text{кВт}, \quad (5.5)$$

де: Δt_c - надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час, $^{\circ}\text{C}$. Приймається в залежності від типу огородження та сторони світу ([1] с. 57).

Всі розрахунки заносяться до таблиці 5.1

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Назва камери	$K_0, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	Розміри, м			$F, м^2$	$t_3, ^\circ C$	$t^0, ^\circ C$	$\theta, ^\circ C$	$\Delta t_c, ^\circ C$	$Q_{п}, кВт$ м	$Q_{с}, кВт$ м	$Q_1, кВт$
		L	B	H								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Камера №1												
1. Стіна сх. внутрішня	0.56	12		4.8	57.6	5	5	0		0		0
2. Стіна п-н зовнішня	0.37		15	4.8	72	31	5	26	0	0.69	0	0.69
3. Стіна зах. зовнішня	0.37	12		4.8	57.6	31	5	26	7.2	0.55	0.15	0.7
4. Стіна п-д внутрішня	0.44		15	4.8	72	10	5	5		0.16		0.16
5. Покриття	0,37	12	15		180	31	5	26	17.7	1.73	1.18	2.91
6. Підлога	0,35	12	15		180	7	5	2		0.13		0.13
<i>Всього:</i>												4.6
Камера №2												
1. Стіна п-н зовнішня	0.37	15		4.8	72	31	5	26	0	0.69	0	0.69
2. Стіна зах. внутрішня	0.56		12	4.8	57.6	5	5	0		0		0
3. Стіна сх. внутрішня	0.44		12	4.8	57.6	18	5	13		0.33		0.33
4. Стіна п-д внутрішня	0.44	15		4.8	72	16	5	11		0.35		0.35
5. Покриття	0.7	12	15		180	31	5	26	17.7	1.73	1.18	2.91
6. Підлога	0.35	12	15		180	7	5	2		0.13		0.13
<i>Всього:</i>												4.4
Камера №3												
1. Стіна п-н внутрішня	0.56	12		4.8	57.6	5	5	0		0		0
2. Стіна зах. зовнішня	0.37		6	4.8	28.8	31	5	26	7.2	0.28	0.08	0.36
3. Стіна сх. внутрішня	0.44			4.8	28.8	10	5	5		0.06		0.06
4. Стіна п-д зовнішня	0.44	12		4.8	57.6	31	5	26	6	0.66	0.15	0.81
5. Покриття	0.37	12	6		72	31	5	26	17.7	0.69	0.47	1.16
6. Підлога	0.35	12	6		72	7	5	2		0.05		0.05
<i>Всього:</i>												2.4

5.3 Теплопритоки від вантажів при термічній обробці.

Визначимо теплоприток для камери зберігання.

5.3.1 Теплопритоки Q_2 , кВт складаються з теплопритоків від продуктів при тепловій обробці в камерах (охолодження, заморожування - Q_{2np} , кВт) і теплопритоків від тари - Q_{2T} , кВт:

$$Q_2 = Q_{2np}, \text{ кВт} \quad (5.6)$$

Дані теплопритоки розраховуються за формулами 9.9 і 9.11 ([1] с. 59); 3.6 і 3,7 ([2] с. 62-63).

$$Q_2 = 41, \text{ кВт}$$

5.3.2 Теплопритоки від надійшовших продуктів визначаються за формулою:

$$Q_{2пр} = M_{пр} \Delta h \frac{1000}{\tau \cdot 3600}, \text{ кВт} \quad (5.7)$$

де: $M_{пр}$ - добове надходження продуктів, т/добу;

Δh - різниця питомих ентальпій продуктів, які відповідають початковій і кінцевій температурам продукту, кДж/кг ([1] с. 217) ([2] с. 63);

τ - тривалість холодильної обробки, годин;

1000 - перевідний коефіцієнт з тон в кг;

3600 - перевідний коефіцієнт з годин в секунди.

$$Q_{2np} = 16(53,2 - 31) \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 4,1, \text{ кВт}$$

Всі розрахунки заносяться до таблиці 5.2

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 5.2

Назва камер	τ , годин	M_{np} , т/доб	M_m , т/доб	C_m , кДж/кгК	h_{np} , кДж/кг	h_m , кДж/кг	Δh , кДж/кг	t_1 , °С	t_2 , °С	Δt , °С	Q_{2np} , кВт	Q_{2m} , кВт	Q_2 , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Камера №1	24	16	-	-	53.2	31	22.2	12	5	7	4.1	-	4.1
Камера №2	24	16	-	-	53.2	31	22.2	12	5	7	4.1	-	4.1
Камера №3	24	30	-	-	61.5	47.7	13.8	16	10	6	4.8	-	4.8

5.4 Експлуатаційні тепло притоки

Визначимо теплоприток для камери зберігання.

5.4.1 Експлуатаційні теплопритоки визначаються за формулою 9.18 ([1] с. 61); 3.13 ([2] с. 67):

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

де: q_1 - теплоприток від освітлення, кВт;

q_2 - теплоприток від перебування людей, кВт;

q_3 - теплоприток від працюючих людей, кВт;

q_4 - теплоприток при відкриванні дверей, кВт.

$$Q_4 = 0,2 + 0,7 + 2 + 2,2 = 5,1, \text{ кВт}$$

5.4.2 Теплоприток від освітлення визначається за формулою 9.13 ([1] с. 60):

$$q_1 = AF \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (5.10)$$

де: A - теплота, яка виділяється джерелами освітлення, Вт/м²,
приймається: для камер зберігання 2,3; для виробничих приміщень 4,7.

F - площа камер, м².

					00 КР 14.2.008.418.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$q_1 = 2,3 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 0,2, \text{ кВт},$$

5.4.3 Теплоприток від перебування людей визначається за формулою 9.14 [1]с. 60); 13.10 ([2] с. 66):

$$q_2 = 0,35n \text{ кВт}, \quad (5.11)$$

де: 0,35 - тепловиділення однієї людини при фізичній роботі, кВт;
n - кількість людей працюючих в одному приміщенні. При площі камери до 200 м² – 2-3 чол. При площі камери більше 200 м² – 3-4 чол.

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт}$$

5.4.4 Теплоприток від працюючих електродвигунів визначається за формулою 9.15 ([1] с. 60), 3.11 ([2] с. 66):

$$q_3 = N_{el}, \text{ кВт} \quad (5.12)$$

де: N_{el} - сумарна потужність електродвигунів, кВт: камери охолодження 3...8 кВт; камери заморожування 8...16 кВт.

$$q_3 = 2, \text{ кВт}$$

5.4.5 Теплоприток від відкривання дверей визначається за формулою 9.17 ([1] с. 61); 3.12 ([2] с. 66):

$$q_4 = KF \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (5.13)$$

де: K - питомий теплоприток при відкриванні дверей, Вт/м², таблиця 3.3 ([2] с. 67);

F - площа камери, м².

$$q_4 = 12 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 2,2, \text{ кВт}$$

Всі розрахунки занесені до таблиці 5.3

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3

Камери	$F, \text{м}^2$	$A, \text{кВт}/\text{м}^2$	$q_1, \text{кВт}$	n	$q_2, \text{кВт}$	$N_{\text{ел}}, \text{кВт}$	$q_3, \text{кВт}$	$K, \text{кВт}/\text{м}^2$	$q_4, \text{кВт}$	$Q_4, \text{кВт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№1	180	2,3	0.2	2	0.7	2	2	12	2.2	5.1
№2	180	2,3	0.2	2	0.7	2	2	12	2.2	5.1
№3	72	4.7	0.3	2	0.7	5	5	12	0.9	6.9

5.7 Визначення навантаження на камерне обладнання і на компресор.

Навантаження на камерне обладнання визначається як сума всіх теплопритоків в дану камеру:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Навантаження на компресор складається з усіх видів теплопритоків, але враховується не повністю, а частково, в залежності від типу і призначення холодильника ([1] с. 61-62), ([2]с. 69-71).

Розраховані теплопритоки заносять в графу "Камерне обладнання". Навантаження на компресор для підприємств харчової промисловості за статтями Q_2 , Q_3 і Q_5 приймаються рівним навантаженню на обладнання, навантаження на компресор Q_1 складає 80 – 90 % від навантаження на камерне обладнання. Навантаження на компресор Q_4 складає 65 - 75 % від навантаження на камерне обладнання.

Результати теплового розрахунку заносяться до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Назва камери	$t_{\text{к}}, \text{°C}$	$Q_1, \text{кВт}$		$Q_2, \text{кВт}$		$Q_3, \text{кВт}$		$Q_4, \text{кВт}$		$Q_5, \text{кВт}$		$\Sigma Q, \text{кВт}$	
		$Q_{1\text{обл}}$	$Q_{1\text{км}}$	$Q_{2\text{обл}}$	$Q_{2\text{км}}$	$Q_{3\text{обл}}$	$Q_{3\text{км}}$	$Q_{4\text{обл}}$	$Q_{4\text{км}}$	$Q_{5\text{обл}}$	$Q_{5\text{км}}$	$\Sigma Q_{\text{обл}}$	$\Sigma Q_{\text{км}}$
№1	5	4.6	3.7	4.1	4.1	-	-	5.1	3.6	-	-	13.8	11.4
№2	5	4.4	3.5	4.1	4.1	-	-	5.1	3.6	-	-	13.6	11.2
№3	5	2.4	1.9	4.8	4.8	-	-	6.9	4.8	-	-	14.1	11.5

Холодопродуктивність компресора визначається за формулою:

$$Q_0 = \frac{k \Sigma Q}{B}, \text{кВт.}$$

де: k - коефіцієнт, що враховує витрати в трубопроводах і апаратах холодильної установки. Для системи безпосереднього охолодження $k = 1.05$, для розсільного охолоджувача $k = 1.10$;

B - коефіцієнт робочого часу роботи обладнання. Для малих підприємств $B = 0.7$; для середніх $B = 0.8$; для великих, $B = 0.9$.

ΣQ - сумарне навантаження на компресор для групи камер, що мають одну температуру кипіння.

$$Q_0 = \frac{1,1 \cdot (11,4 + 11,2 + 11,5)}{0,8} = 47, \text{ кВт.}$$

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

6. Вибір системи охолодження і типу холодильної установки

Для камер застосовую одноступінчасту холодильну машину з регенеративним теплообмінником.

Як холодильний агент застосовую фреон R22, який володіє достатньо хорошими властивостями при роботі компресорів з такою холодопродуктивністю.

Як система охолодження, кращим рішенням буде застосувати систему розсільного охолодження для камер.

Використовую батарейний спосіб охолодження, оскільки невеликий перепад температури.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>26</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

7. Розрахунок і підбір основного обладнання

7.1 Вибір температурних режимів роботи холодильної установки.

7.1.1 Температура кипіння $t_0, ^\circ\text{C}$ в установках розраховується згідно рекомендацій ([1] с. 70-72), ([2] с. 86-88).

При проектуванні хладонових холодильних установок

$$t_0 = t_{кр} - (10 \div 30)^\circ\text{C} \quad (7.1)$$

де: $t_{кр}$ - температура камери, $^\circ\text{C}$.

$$t_0 = t_{кр} - (10 \div 30) = 5 - 20 = -15^\circ\text{C}$$

7.1.2 Вибір температурного режиму конденсатора зводиться до визначення температури води, що входить в конденсатор $t_{\text{в}1}, ^\circ\text{C}$, що виходить з конденсатора $t_{\text{в}2}, ^\circ\text{C}$, і температури конденсації $t_k, ^\circ\text{C}$:

$$t_{\text{в}1} = t_{\text{М.Т}} + (3 \div 4)^\circ\text{C} \quad (7.2)$$

де: $t_{\text{М.Т}}$ - температура мокрого термометра, $^\circ\text{C}$, визначається по d-і діаграмі вологого повітря.

$$t_{\text{в}1} = 23 + 4 = 27^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{в}2} = t_{\text{в}1} + (3 \div 5)^\circ\text{C} \quad (7.3)$$

$$t_{\text{в}2} = 27 + 3 = 30^\circ\text{C}$$

Температура конденсації:

$$t_k = t_{\text{в}2} + (2 \div 4)^\circ\text{C} \quad (7.4)$$

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Вовкула К.К.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьозін О.О.				27	78
Реценз.					НУХТ		
Н. Контр.					гр. ХМ-4-12ск		
Затверд.		Петренко В.П.			Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ		

$$t_k = 30 + 2 = 32 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7.1.3 Температуру всмоктуючих парів, $t_{вс}$, $^\circ\text{C}$ приймають в хладонових машинах:

$$t_{вс} = t_0 + (10 \div 15) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.5)$$

$$t_{вс} = -15 + 15 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Схема холодильної машини представлена на рис. 7.1.

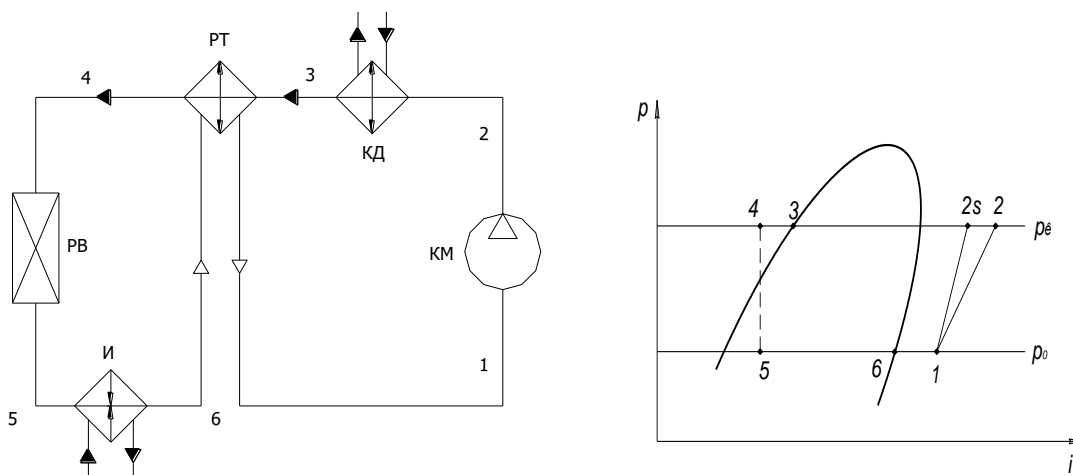


Рис. 7.1 – Схема і цикл одноступінчастої ПКХМ з регенеративним теплообмінником.

Вихідні дані для розрахунку:

- холодопродуктивність циклу $Q_0 = 47 \text{ кВт}$;
- холодоагент – R22;
- температура випаровування $t_0 = -15^\circ\text{C}$;
- температура конденсації $t_k = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- температура всмоктування $t_1 = t_{вс} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- адіабатний ККД компресора $\eta_s = 0.77$.

У $\lg p$ - h діаграмі для заданого холодоагенту будуємо цикл холодильної машини з регенеративним теплообмінником.

7.1.4 Для знаходження параметрів точки 2, використовуємо формулу для адіабатного ККД:

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_s = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \Rightarrow h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_s} = 408 + \frac{447 - 408}{0.77} \approx 459 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \quad (7.6)$$

7.1.5 Ентальпія точки 4 визначається з теплового балансу регенеративного теплообмінника:

$$h_4 = h_3 + h_6 - h_1 = 240 + 400 - 408 = 232 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \quad (7.7)$$

Параметри вузлових точок представлені в таблиці 7.1:

Таблиця 7.1

Параметри	Крапки						
	1	2	2s	3	4	5	6
$p, \text{ бар}$	3	13.5	13.5	13.5	13.5	3	3
$t, \text{ }^\circ\text{C}$	0	85	70	32	26	-15	-15
$h, \text{ кДж/кг}$	408	459	447	240	232	232	400
$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	0.085	0.025	-	-	-	-	-

7.1.6 Питомі навантаження циклу обчислюються за формулами:

- питома холодопродуктивність циклу:

$$q_0 = h_6 - h_5 = 400 - 232 = 168 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \quad (7.8)$$

- питома об'ємна холодопродуктивність циклу:

$$q_v = \frac{q_0}{v} = \frac{168}{0.085} \approx 1976 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} \right), \quad (7.9)$$

- питома робота циклу:

$$l_{\text{ц}} = (h_2 - h_1) = (459 - 408) = 51 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \quad (7.10)$$

- питома теплота, що відводиться від конденсаторів:

$$q_{\text{кд}} = h_2 - h_3 = 459 - 240 = 219 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \quad (7.11)$$

- питома теплове навантаження на регенеративний теплообмінник:

$$q_{\text{рт}} = h_3 - h_4 = 240 - 232 = 8 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \quad (7.12)$$

- холодильний коефіцієнт теоретичного циклу:

$$\varepsilon_T = \frac{q_0}{l_{ц}} = \frac{168}{51} = 3.3 \quad (7.13)$$

7.1.7 Коефіцієнт подачі компресора λ при стандартному режимі роботи розраховуємо по формулі:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \lambda_{dp} \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{щ}, \quad (7.14)$$

де: λ_0 - об'ємний коефіцієнт подачі:

$$\lambda_0 = 1 - c_m \left(\pi^{\frac{1}{m}} - 1 \right) = 1 - 0,04 \cdot \left(6^{\frac{1}{1}} - 1 \right) = 0,8$$

де: $\pi = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_k + 0,13}{p_0 - 0,04} = \frac{1,35 + 0,13}{0,3 - 0,04} = 6$ - відношення тиску в циліндрі

компресора;

m - показник політропи;

c_m - величина відносного об'єму мертвого простору;

$\lambda_{др}$ - коефіцієнт дроселювання:

$$\lambda_{dp} = 1 - \frac{(1 + c_m) \Delta \bar{p}_{вс}}{\lambda_0} = 1 - \frac{(1 + 0,04) \cdot 0,035}{0,8} = 0,955$$

де $\Delta \bar{p}_{вс}$ - відносна величина втрати тиску на всмоктуванні;

λ_T - температурний коефіцієнт:

$$\lambda_T = \frac{T_0}{T_k} = \frac{258}{305} = 0,846$$

$\lambda_{щ}$ - коефіцієнт щільності (герметичності) - визначаємо по графіку

$\lambda_{щ} = f(\pi)$ (рис. 7.2):

$$\lambda_{щ} = f(\pi) = 0,955$$

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \lambda_{dp} \cdot \lambda_T \cdot \lambda_{щ} = 0,8 \cdot 0,955 \cdot 0,846 \cdot 0,955 = 0,617$$

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

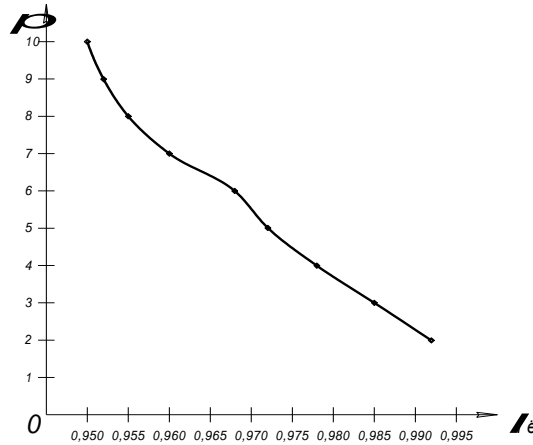


Рис. 7.2 – Графік залежності $\lambda_{ui} = f(\pi)$

7.1.8 Розраховую інтегральні параметри (навантаження):

- масова витрата холодоагенту в циклі:

$$M = \frac{\dot{Q}_0}{q_0} = \frac{47}{168} = 0,28 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right); \quad (7.15)$$

- дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M \cdot v_1 = 0,28 \cdot 0,085 = 0,024 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right); \quad (7.16)$$

- теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_T = V_d / \lambda = 0,024 / 0,617 = 0,039 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right); \quad (7.17)$$

- теоретична (адіабатна) потужність компресора:

$$N_T = M \cdot l_u = 0,28 \cdot 51 = 14,3 \text{ (кВт)}; \quad (7.18)$$

- індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_T / \eta_i = 14,3 / 0,8 = 18 \text{ (кВт)}; \quad (7.19)$$

- повне теплове навантаження на конденсатор:

$$\dot{Q}_{КД} = M \cdot q_{КД} = 0,28 \cdot 219 = 61 \text{ (кВт)}; \quad (7.20)$$

- повне теплове навантаження на регенеративний теплообмінник:

$$\dot{Q}_{РТ} = M \cdot q_{РТ} = 0,28 \cdot 8 = 1,1 \text{ (кВт)}; \quad (7.21)$$

- ефективна (споживана) потужність компресора:

$$N_B = \frac{N_T}{\eta_i \cdot \eta_{\text{мех}}} = \frac{N_T}{(\lambda_T \cdot \lambda_{\text{щ}} + 0,0025 \cdot t_0) \cdot \eta_{\text{мех}}}, \text{ кВт};$$

$$N_B = \frac{14.3}{(0.846 \cdot 0.955 + 0.0025 \cdot (-15) \cdot 0.9)} = 21 \text{ кВт} \quad (7.22)$$

- дійсний (ефективний) холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon_e = \frac{\dot{Q}_0}{N_e} = \frac{47}{21} \approx 2,2, \quad (7.23)$$

Всі розрахунки занесені до таблиці 7.2

Таблиця 7.2

t_0 $^{\circ}\text{C}$	Q_0 кВт	q_0 кДж/кг	M кг/с	V_d м ³ /с	λ	V_T м ³ /с	N_m кВт	N_i кВт	N_e кВт	$Q_{кд}$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-15	47	168	0.28	0.024	0.617	0.039	14.3	18	21	61

По теоретичній об'ємній подачі та t_0 підбираємо чилер фірми «Остров» марки CBV-MH152X з чотирма компресорами фірми «Манеуор» марки MT125HU4VE, характеристика якого приведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

Марка	t_0 $^{\circ}\text{C}$	t_k $^{\circ}\text{C}$	Q_0 кВт	N_e кВт	Габаритні розміри, мм		
					L	H	B
MT125HU4VE	-15	35	56.3	28.3	2600	1100	1700

7.3 Розрахунок і підбір конденсаторів

7.3.1 Площа теплопередаючої поверхні конденсатора F , м²:

$$F = \frac{Q_k}{K\theta_T}, \text{ м}^2 \quad (7.24)$$

де: Q_k - сумарний тепловий потік в конденсатор від усіх груп компресорів, визначений при тепловому розрахунку компресорів одноступеневого та двоступеневого стискання, кВт.

K - коефіцієнт теплопередачі конденсатора, Вт/м²К.

Для кожухотрубних конденсаторів $K = 700 \div 800$, для випаровувальних $K = 800 \div 900$.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

θ_T - середньологарифмічний температурний напір, °С.

$$F = \frac{61000}{30 \cdot 3,3} = 616, \text{ м}^2$$

7.3.2 Середньологарифмічний температурний напір визначається за формулою:

$$\theta_T = \frac{t_{B2} - t_{B1}}{2,3 \lg \frac{t_k - t_{B1}}{t_k - t_{B2}}}; \text{ } ^\circ \text{C} \quad (7.25)$$

де: t_{B2} , t_{B1} - температура на вході та виході з конденсатора, °С;

t_k - температура конденсації, °С (див. розділ 7.1).

$$\theta_T = \frac{30 - 27}{2,3 \lg \frac{32 - 27}{32 - 30}} = 3,3 \text{ } ^\circ \text{C}$$

7.3.3 Витрати повітря для охолодження, V_B , м³/с, що подається на конденсатор, визначаються за формулою:

$$V_B = \frac{Q_{КД}}{C_B \rho_B \Delta t_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.26)$$

де: C_B - теплоємність повітря ($C_B = 1$ кДж/(кгК));

ρ_B - густина повітря ($\rho_B = 1.2$ кг/м³);

Δt_B - різниця температур повітря на вході і виході з конденсатора.

$$V_B = \frac{61}{1 \cdot 1,2 \cdot 8} = 6,4, \text{ м}^3/\text{с}$$

Результати розрахунків занесені до таблиці 7.4.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.4

№	$Q_{кд}$ кВт	$t_{в1}$ °C	$t_{в2}$ °C	$t_{к}$ °C	θ_T °C	Δt_B °C	C_B кДж/(кгК)	ρ_B кг/м ³	K Вт/м ² К	F м ²	V_B м ³ /с
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	61	27	30	32	3.3	3	1	1.2	30	616	6.4

7.3.4 По площі теплопередаючої поверхні підбираю два конденсатора марки СВВ-МН152Х типу С. Технічні характеристики конденсатора приведені в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5

Марка	F, м ²	B, мм	L, мм	$Q_{кд.маx}$ кВт
1	2	3	4	7
СВВ-МН152Х типу С	310	529	2942	70

7.4 Розрахунок і підбір камерного обладнання

7.4.1 Розрахунок і підбір батарей для камери №1

7.4.1.1 Площа теплообмінної поверхні батареї F визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_{обл} \cdot 1000}{K \cdot \Delta t}, \text{ м}^2 \quad (7.27)$$

де: $Q_{обл}$ - сумарне навантаження на камерне обладнання, визначене тепловим розрахунком, кВт;

K - коефіцієнт теплопередачі приладів охолодження, Вт/ м² · К ([2] с. 121) (для батарей з оребрених труб $K = 4,5 \div 5,2$ Вт/ м² · К);

Δt - різниця температур між повітрям у камері і температурою кипіння при безпосередньому охолодженні, °С.

$$F = \frac{13,8 \cdot 1000}{5 \cdot 10} = 276, \text{ м}^2.$$

					<i>00 КР 14.2.008.4 18.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

7.4.1.2 Кількість батарей в камері n_p , визначається за формулою:

$$n_p = \frac{F}{f_B} \quad (7.28)$$

де: f_B - площа теплопередаючої поверхні батареї, m^2 :

$$n_p = \frac{276}{98,7} = 2,8$$

$$f_B = 2f_{CK} + n_C f_{CC}, m^2 \quad (7.29)$$

$$f_B = 2 \cdot 20,7 + 22,8 + 34,5 = 98,7, m^2$$

7.4.1.3 Визначення довжини батарей:

$$l_{\delta} = 2l_{CK} + n_C l_{CC}, mm, \quad (7.30)$$

де: n_C - кількість секцій.

$$l_{\delta} = 2 \cdot 2750 + 3000 + 4500 = 13000, mm$$

7.4.1.4 Приймається дійсна кількість батарей $n_D = 3$.

7.4.1.5 Місткість батарей по холодоагенту V_{δ} визначається за формулою:

$$V_{\delta} = l_{\delta} n \cdot a \cdot V, m^3 \quad (7.31)$$

де: n - кількість батарей;

a - кількість труб в батареї;

V - місткість по холодоагенту одного лінійного метра труби, m^3 ($V = 0,00086 m^3$; $d_{mp} = 38 mm$).

$$V_{\delta} = 13 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,00086 = 0,1, m^3$$

7.4.1.6 Розрахунки заносимо у таблицю 7.6

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.6

Назва камери	$Q_{обл}$, кВт	$t_{кам}$, °C	t_0 , °C	Δt , °C	K , Вт/м ² К	F , м ²	l_0 , мм	Кількість труб, а	f_0 , м ²	n_p	n_d	V_6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
№1	13.8	+5	15	10	5	276	16	3	98.7	2.8	3	0.1
№2	13.6	+5	15	10	5	272	16	3	98.7	2.8	3	0.1
№3	14.1	+5	15	10	5	282	10	3	75.9	3.7	4	0.08

7.5 Розрахунок і підбір випаровувачів.

7.5.1 Площа теплопередаючої поверхні випаровувачів F , м²:

$$F = \frac{Q_B}{K\Delta t} \quad (7.32)$$

де: Q_B - тепловий потік у випарнику, визначений тепловим розрахунком, кВт;

K - коефіцієнт теплопередачі випарника, кВт/м²К.

$$F = \frac{41,5}{4,7} = 8,8 \text{ м}^2;$$

7.5.2 Витрати холодоносія (розсолу) V_P , м³/с, визначаються за формулою:

$$V_P = \frac{Q_B}{C_p \rho_p \Delta t_p}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.33)$$

де: C_p - питома теплоємність розсолу, кДж/(кгК), табл. 4.1 ([2] с. 86) ($C_p = 2,8 \div 3,3$);

Δt - середня різниця температур розсолу на вході і виході з випарника ($\Delta t = 2 \div 3$ °C);

ρ_p - густина розсолу, кг/м³ ([2] с. 86) ($\rho_p = 1,10 \div 1,25$).

$$V_P = \frac{41,5}{3 \cdot 1,2 \cdot 3} = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Всі розрахунки заносяться до таблиці 7.7

Таблиця 7.7

$Q_B,$ кВт	$K,$ кВт/м ² К	$C_p,$ кДж/(кг·К)	$\rho_p,$ кг/м ³	$\Delta t,$ °С	$t_p,$ °С	$\Delta t_p,$ °С	$F,$ м ²	$V_p,$ м ³ /с	$q_F = k\Delta t,$ кВт/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41.5	3.5	3	1.2	5	-25	3	8.8	3.8	4.7

7.5.3 По площі теплопередаючої поверхні підбирається пластинчастий випаровувач марки ХG 31Н (табл. 5.12, 5.13, 5.14 [2] с. 117), заносимо його характеристики до таблиці 7.8.

Таблиця 7.8

Марка	$F,$ м ²	$B,$ мм	$L,$ мм	$n_{пл}$	n_x	$V_{x/a},$ м ³
1	2	3	4	5	6	7
ХG 31Н	9.8	360	600	100	2	0.037

8. Розрахунок і підбір допоміжного обладнання

8.1 Розрахунок і підбір лінійних ресиверів.

Розрахунок ведемо для камери №1.

8.1.1 Об'єм лінійного ресивера визначається за формулою:

$$V_{л.р} = \frac{0,6V_{вип}}{0,5} 1,2 = 1,45V_{вип}, \text{ м}^3 \quad (8.1)$$

де: $V_{вип}$ - місткість випарної системи, м^3 ;

0.5 - коефіцієнт, що враховує норму заповнення ресивера при експлуатації;

1.2 - коефіцієнт запасу.

$$V_{л.р} = 1,45 \cdot 0,037 = 0,054, \text{ м}^3$$

8.1.2 Об'єм випарної системи визначається за формулою:

$$V_{вип} = V_{об}, \text{ м}^3 \quad (8.2)$$

де: $V_{об}$ - місткість по холодильному агенту усіх батарей, м^3 ;

$V_{н.о}$ - місткість по холодильному агенту усіх повітроохолоджувачів, м^3 .

$$V_{вип} = 0,037, \text{ м}^3$$

8.1.3 З таблиць 14.12 ([1] с. 133), 5.21 ([2] с. 130) вибираємо лінійний ресивер марки F552T. Технічні характеристики ресивера:

- діаметр – 216 мм;
- довжина – 1664 мм;
- висота – 303 мм.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>38</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

8.2 Підбір відокремлювачів рідини.

Відокремлювачі рідини включаються в схему для захисту компресора від потрапляння в нього рідкого холодоагенту, а значить, від гідравлічного удару.

Із таблиці 5.24 ([2] с. 132) підбираємо ОЖГ70 його технічні характеристики:

- діаметр – 426 мм;
- діаметр патрубку – 70 мм;
- висота – 1705 мм.

8.3 Розрахунок і підбір трубопроводів.

8.3.1 Розрахунок трубопроводу для одноступеневої холодильної машини

Діаметр всмоктуючого трубопроводу d_{BC} , м:

$$d_{BC} = 1,13 \sqrt{\frac{MV_1}{\omega}}, \text{ м}, \quad (8.3)$$

де: M - масова витрата пари, кг/с, (приймається з розрахунку одноступеневого компресора);

V_1 - питомий об'єм пари при всмоктуванні в компресор, м³/кг, приймається з таблиці параметрів циклу одноступеневого стискування.

$$d_{BC} = 1,13 \sqrt{\frac{0,28 \cdot 0,085}{10}} = 0,055, \text{ м}$$

Діаметр нагнітаючого трубопроводу d_n :

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{MV_2}{\omega}}, \text{ м}, \quad (8.4)$$

де: V_2 - питомий об'єм пари на виході з компресора, м³/кг.

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{0,28 \cdot 0,025}{10}} = 0,03, \text{ м}.$$

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Складання і опис схеми холодильної установки

Промисловий холодильник складається з трьох камер: камери зберігання та двох камер холодильної обробки.

Для камер я застосував одноступінчасту розсільну холодильну машину. Холодильна установка працює на фреоні R22 з температурою кипіння -15°C .

В результаті розрахунків було підібране таке холодильне обладнання: чилер фірми «Остров» марки CBV-MH152X з чотирма компресорами фірми «Манеутор» марки MT125HU4VE, два повітряних конденсатора марки CBV-MH152X типу С, пластинчастий випарник марки XG 31H, лінійний ресивер марки F552T, відокремлювач рідини марки ОЖГ70; два розсільних насоси для подачі розсолу марки 2К-20/18, прилади охолодження в камері № 1, 3 батареї довжиною 13 м; в камері № 2, 3 батареї довжиною 13 м; в камері № 3, 4 батареї довжиною 10 м.

У цій схемі холодна пара робочої речовини виходить з випарника в точці б, прямує в регенеративний теплообмінник, де він нагрівається (процес б-1) за рахунок теплої робочої речовини, що виходить з конденсатора, яка при цьому охолоджується (процес 3-4).

З випарника пари робочої речовини всмоктується компресором, де стискається до тиску конденсації p_k (процес 1-2). Положення точки 1 повинно бути таким, щоб в кінці процесу стиснення з компресора виходила суха насичена пара. Після стиснення робоча речовина прямує в конденсатор, де вона конденсується за рахунок відведення теплоти в навколишнє середовище (процес 2-3). При цьому тиск p_k і температура конденсації T_k залишаються постійними. В процесі 3-4 відбувається переохолодження робочої речовини в регенеративному теплообміннику. Після регенеративного теплообмінника

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>40</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

робоча речовина прямує до регулюючого вентиля де в процесі 4-5 дроселюється. Після регулюючого вентиля робоча речовина в стані вологої пари поступає у випарник. У випарнику робоча речовина кипить (процес 5-6) за рахунок підведення теплоти від джерела низької температури. Температура T_0 і тиск p_0 робочої речовини в процесі кипіння залишаються постійними, оскільки пара, що утворилася при кипінні, постійно відсмоктується компресором.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

10. Автоматизація холодильної установки

Регулятори потоку холодоагенту

Для забезпечення ефективної та економічної роботи холодильних установок застосовують різні типи регуляторів потоку, що виконують наступні функції:

- зміна потоку рідкого холодоагенту, що подається у випарник, відповідно до кількості утвореного у випарнику пари;
- підтримка певної різниці тисків між сторонами високого й низького тисків системи.

Робота випарника залежить від оптимальної кількості поданої у нього рідкого холодоагенту. Для забезпечення ефективної теплопередачі внутрішня поверхня труб випарника повинна повністю змочуватися холодоагентом і при цьому весь рідкий холодоагент повинен википати у випарнику. В іншому випадку деяка частина рідкого холодоагенту може потрапити в компресор і внаслідок гідравлічного удару ушкодити його клапани й підшипники.

Оскільки всі холодильні установки розраховані на роботу при двох певних рівнях тисків, регулятори потоку забезпечують такі умови, щоб холодильний агент кипів при заданому низькому тиску у випарнику й одночасно конденсувався при заданому високому тиску в конденсаторі.

У сучасних установках застосовують наступні типи регуляторів потоку: терморегулювальні вентилі із внутрішнім і зовнішнім вирівнюванням; капілярні трубки й електронні розширювальні вентилі.

Терморегулювальні вентилі. Найпоширенішим пристроєм подачі холодоагенту у випарник для малого й середнього холодильного встаткування є терморегулюючий вентиль (ТРВ). Він регулює подачу холодоагенту

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>42</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

залежно від перегріву пари на виході з випарника й тиску в ньому. Прилад автоматично перекриває трубопровід для подачі рідкого холодоагенту у випарник у випадку, якщо температура пари, що виходить із випарника, низка, й навпаки, збільшує подачу рідини при високій температурі перегріву пари.

Терморегульовальні вентиля володіють рядом переваг у порівнянні з іншими регуляторами потоку:

- випарники швидко й повністю заповнюються парами холодинного агента;
- навіть при тривалій роботі з випарника завжди виходить тільки перегріта пара;
- в одній і тій же холодинній установці можна використовувати кілька випарників з різним рівнем температури кипіння, що працюють паралельно й обладнаних різними ТРВ.

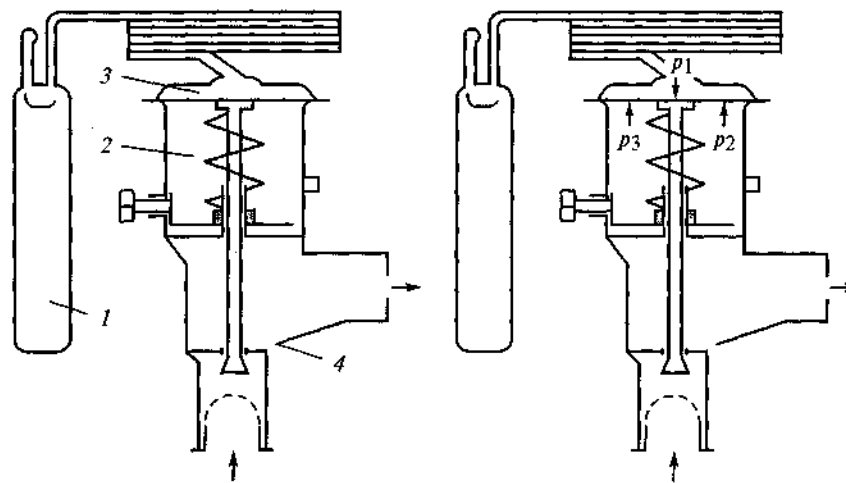


Рис. 10.1. Принцип роботи ТРВ:

1 - пружина; 2 - сідло вентиля; 3 - термобалон; 4 – термостат.

ТРВ складається з термостата, відділеного від корпусу вентиля мембраною або сильфоном; капілярної трубки, що з'єднує термостат з капсулою (термобалоном), що заправлена невеликою кількістю холодоагенту; корпусу вентиля із сідлом і пружини (Рис. 10.1).

Робота ТРВ залежить від трьох основних величин:

- тиску в термобалоні, що діє на верхню поверхню мембрани (відкриття вентиля);
- тиску у випарнику, що діє на нижню поверхню мембрани (закриття вентиля);
- тиску пружини, що також діє на нижню поверхню мембрани (закриття вентиля).

Регулювання подачі холодоагенту, забезпечуване вентиляем, досягається за рахунок підтримки рівноваги між тиском у термобалоні й сумою тисків у випарнику й пружині. Змінюючи зусилля пружини, можна регулювати значення перегріву.

Розрізняють ТРВ із внутрішнім і зовнішнім вирівнюванням тиску (Рис.10.2).

ТРВ із внутрішнім вирівнюванням.

Терморегулювальні вентилялі із внутрішнім вирівнюванням (див. Рис.10.2, а) використовують у найпоширеніших машинах з одним змієвиковим випарником, падіння тиску в якому відносно невелике.

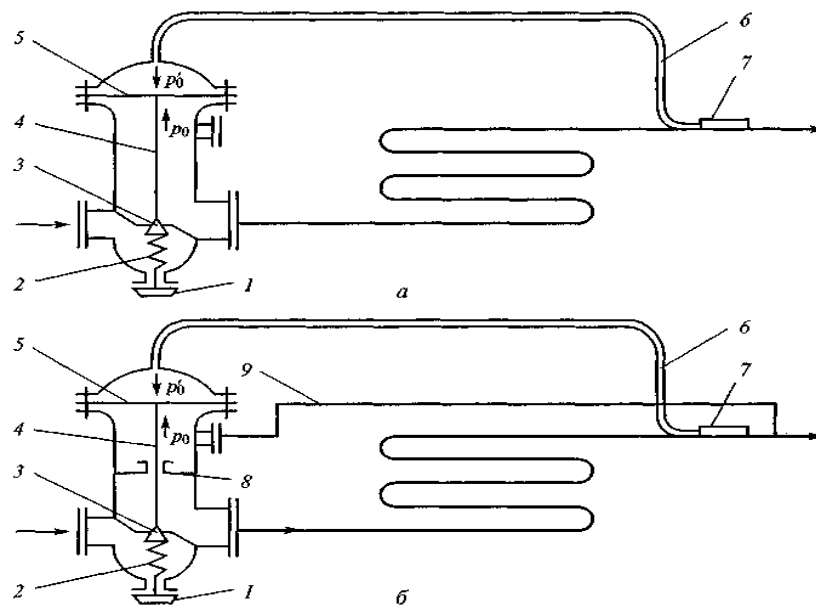


Рис.10.2. Терморегулюючі вентилялі із внутрішнім (а) і зовнішнім (б) вирівнюванням тиску:

1 - регулювальний гвинт; 2 - пружина; 3 - клапан; 4 - стрижень; 5 - мембрана; 6 - капілярна трубка; 7 - термобалон; 8 - кришка; 9 - зрівняльна лінія.

Чутливим елементом (датчиком) приладу є термобалон 7, з'єднаний капілярною трубкою 6 з порожниною над мембраною 5. Термобалон повинен бути міцно закріплений на чистому прямолінійному відрізку всмоктувального трубопроводу на виході з випарника за допомогою двох хомутів. Мембрана пов'язана із клапаном 3 стрижнем 4. Клапан перекриває прохідний перетин вентиля. Рідкий холодоагент, що проходить через кільцевий отвір між сідлом і клапаном вентиля, дроселюється, тиск його падає до тиску у випарнику, що підтримується компресором. При рівності тисків, що діють на мембрану зверху (тиск пари в термобалоні, що визначається температурою на виході з випарника) і знизу (тиск кипіння), трубопровід подачі холодоагенту у випарник буде перекритий, тому що на клапан діє зусилля пружини 2, що притискає клапан до сідла. Бракування рідини у випарнику призведе до її перегріву й зростання тиску над мембраною. Різниця тисків ($p_0 - p_1$) викличе прогин мембрани й відкриття клапана за допомогою стрижня 4. Величину перегріву регулюють гвинтом змінюючи натяг пружини.

ТРВ із зовнішнім вирівнюванням.

Терморегулювальні вентилялі із зовнішнім вирівнюванням (див. Рис.10.2, б) застосовують для живлення випарників, у яких відбувається значне падіння тиску холодоагенту, або в установках, де від одного ТРВ через розподільний пристрій холодоагент подається в кілька паралельних змійовиків.

У ТРВ із зовнішнім вирівнюванням тиск під мембраною зв'язаний не з тиском у корпусі ТРВ, а з тиском на виході з випарника за допомогою зрівняльного трубопроводу. Такий пристрій дозволяє зрівноважити втрати тиску у випарнику.

Якщо падіння тиску у випарнику значне, то температура насичення на виході з випарника набагато нижче ніж на вході, і відповідно потрібен більший перегрів усмоктуваної пари для рівноваги тисків у вентилі. Забезпечення

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

значного перегріву призведе до більшої площі поверхні випарника, внаслідок чого знизиться тиск у випарнику. Компенсація ж його за допомогою зовнішньої зрівняльної лінії викличе значне зменшення площі поверхні випарника.

Зовнішнє вирівнювання не зменшує тиску у випарнику, але дозволяє більше використовувати його поверхню. Крім того, подача під мембрану теплої пари (з боку виходу випарника) практично виключає можливість конденсації пари над мембраною, що поліпшує роботу термобалона.

Якщо у випарнику є більше однієї секції, то холодоагент подається в них через розподільник. У деяких випадках розподільник холодоагенту є складовою частиною вентиля, а іноді, це окремий вузол. Оскільки втрати тиску в капілярах підживлювального пристрою й у самому пристрої досить великі (як правило, порядку 100 кПа), у таких установках також варто використовувати ТРВ із зовнішнім вирівнюванням тиску (Рис.10.3).

Капілярні трубки.

Найбільш простими й розповсюдженими регуляторами потоку холодоагенту в малому холодильному встаткуванні є капілярні трубки, як правило, з міді або латуні. Вони мають малий внутрішній діаметр (від 0.5 мм і більше), досить велику довжину (до 5 м.) і монтуються звичайно замість рідинного трубопроводу між конденсатором і випарником. Внаслідок високого гідравлічного опору потоку холодоагенту капілярна трубка підтримує задану робочу різницю тисків конденсації й кипіння.

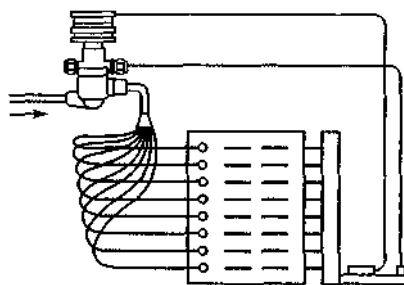


Рис.10.3. Компенсація зовнішнього тиску в установках з розподільниками холодоагенту.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Щоб холодильна система працювала ефективно й збалансовано при розрахункових робочих параметрах (тиску кипіння й конденсації), витрата холодоагенту через трубку певної довжини й діаметру повинені точно відповідати об'ємній продуктивності компресора при цих умовах.

Оскільки трубка має фіксований внутрішній діаметр, інтенсивність подачі холодоагенту відносно постійна. Капілярна трубка відмінно працює в умовах постійного теплового навантаження й постійних тисків нагнітання і всмоктування. Однак зміни в навантаженні випарника або коливання тиску нагнітання можуть привести до недостатнього або надлишкового живлення випарника холодоагентом.

Капілярна трубка на відміну від інших регуляторів потоку не перекриває й не зупиняє подачу холодоагенту у випарник під час зупинки компресора. Оскільки під час неробочої частини циклу рідкий холодоагент продовжує текти через трубку, тиски в конденсаторі й випарнику зрівнюються. Отже, компресор після зупинки починає працювати без навантаження. Це дозволяє використовувати електродвигуни з малим пусковим моментом.

У зв'язку з тим що капілярна трубка має малий прохідний перетин, дуже важливо, щоб система була захищена від потрапляння бруду й сторонніх домішок. Із цією метою перед капілярною трубкою встановлюють фільтр (Рис.10.4).

Холодильні системи з капілярною трубкою заповнюють холодоагентом, дозуючи його, оскільки відсутній ресивер для нагромадження надлишкового обсягу холодоагенту.

Надлишок холодоагенту створює високий тиск нагнітання, через що електродвигун компресора починає працювати з перевантаженням. Надходження при цьому рідини в всмоктувальну магістраль під час неробочої частини циклу може привести при пуску компресора до гідравлічного удару. При недостатній же заправці холодильної системи пара надходить у капілярну трубку, у результаті чого знижується продуктивність установки.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.10.4. Капілярна трубка із грубим фільтром.

Необхідні розміри капілярної трубки визначають по формулах і діаграмам, однак з їхньою допомогою важко виконати точний розрахунок. Тому після розрахунків розміри капілярної трубки встановлюють остаточно в ході випробувань системи. Трубку з уточненими розмірами можна використовувати в ідентичних агрегатах серійного виробництва.

Капілярні трубки володіють цілим рядом переваг перед іншими регуляторами потоку. Так, крім можливості дозовано заряджати систему холодоагентом можна включати компресор у розвантаженому стані й отже, використовувати для привода електродвигун з малим пусковим моментом. Вони також прості в конструкції й мають низьку вартість.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

11. Монтаж холодильного обладнання

До основних апаратів холодильної установки відносять апарати, що безпосередньо беруть участь у теплообмінних процесах: конденсатори, випарники, переохолоджувачі, повітроохолоджувачу і т.п. Ресивери, масловіддільники, грязевловлювачі, повітроохолоджувачі, насоси, вентилятори і інше устаткування, що входить до складу холодильної установки, відносять до допоміжного устаткування.

Технологія монтажу визначається ступенем заводської готовності і особливостями конструкції апаратів, їх масою і проектом установки. Спочатку встановлюють основні апарати, що дозволяє приступити до прокладки трубопроводів. Щоб запобігти зволоженню теплоізоляції на опорну поверхню апаратів, що працюють при низьких температурах, наносять шар гідроізоляції, укладають теплоізоляційний шар, а потім знов шар гідроізоляції. Для створення умов, що виключають утворення теплових містків, всі металеві деталі (поясу кріплення) накладають на апарати через дерев'яні антисептичні бруски або прокладки завтовшки 100 - 250 мм.

Теплообмінні апарати. Більшість теплообмінних апаратів заводи поставляють у готовому до монтажу вигляді. Кожухотрубні конденсатори, випарники, переохолоджувачі поставляють в зібраному вигляді, елементні, зрошувальні, випарні конденсатори і панельні, постачаються складальними одиницями. Ребристотрубні випарники, батареї безпосереднього охолодження і розсільні можуть бути виготовлені монтажною організацією на місці з секцій оребрених труб.

Кожухотрубні апарати вмонтовують потоково-суміщеним способом (Рис.22). При укладанні зварних апаратів на опори стежать за тим, щоб всі зварні шви були доступні для огляду, обстукуваними молотком при огляді, а

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>49</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

також для ремонту.

Горизонтальність і вертикальність апаратів перевіряють по рівню і схилу або за допомогою геодезичних інструментів. Відхилення апаратів, що допускаються, від вертикалі складають 0.2 мм, по горизонталі – 0.5 мм на 1 м. За наявності у апарату збірника або відстійника допустимий ухил тільки в їх сторону. Особливо ретельно вивіряють вертикальність кожухотрубних вертикальних конденсаторів, оскільки необхідно забезпечити плівкове стікання води по стінках труб.

Розсільно-пристінні і стельові батареї з оребрених і оцинкованих труб готуються в майстерні монтажних заготовок у вигляді окремих секцій, з яких на місці можна зібрати батарею будь-якої довжини, як колекторну, так і змієвикову.

Пристінні і стельові батареї в сучасних будівлях, що споруджуються із збірних залізобетонних конструкцій, як правило, підвішують до заставних частин, закладених в шви між плитами перекриттів при будівництві будівлі. Шви звичайно не співпадають з положенням батарей, тому до заставних частин доводиться кріпити проміжне кріплення.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

12. Експлуатація холодильного обладнання

Рубильником або автоматом відключають агрегат, знімають з рами електродвигун, дифузор (у конденсаторів повітряного охолодження) і очищають конденсатор від пилу волосяною щіткою, потім промивають теплою водою (не вище 50 °С). Якщо ребра конденсатора забиті липкою гряззю, то застосовують 3 - 5 % розчин кальцинованої соди. Для промивки використовують пристосування, яке складається з резервуару (типу вогнегасника) з автомобільним насосом, сполученим з резервуаром кисневим шлангом із зворотним клапаном. У резервуар заливають 6 - 7 л. гарячої води або розчину, насосом створюють надмірний тиск (2 - 3)10⁵ Па і відкриваючи кран на шлангу з наконечником, промивають ребра конденсатора. Потім воду, що залишилася на поверхні конденсатора, видаляють стислим повітрям з того ж обладнання. Каміння в кожухотрубних конденсаторах видаляють (при необхідності) сталевими йоршами або шарожками з гнучким валом. Додатково при огляді підтягають всі гвинти кріплення деталей електроустаткування, електричних схем і ущільнення з'єднань фреонових трубопроводів, натягують або замінюють клиновидні ремені, замінюють потріскану гуму ущільнювача, несправні петлі і замки і очищають все устаткування від пилу і грязі. Заміна сальників компресора. Перед розбиранням сальника закривають всмоктуючий вентиль, відсисають з картера фреон і закривають нагнітальний вентиль. Негерметичні сальники замінюють новими.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>51</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

13. Ремонт холодильного обладнання

В процесі тривалої роботи відбувається ерозійний і корозійний знос труб і стінок корпусу: теплопередаючі поверхні забруднюються і ефективність теплопередачі падає. Характерними дефектами є зменшення товщини стінки труби, днища, корпусу, свищи в зварних швах, пошкодження поверхонь ущільнювачів, тріщини на корпусних деталях і трубах, вм'ятини, нещільність і пропуски у вальцюванні труб в трубних решітках, збільшення діаметру отворів в трубних решітках, виразкова та інші види корозії, пошкодження опор, різьблення на кріпильних деталях, зволоження або пошкодження теплоізоляції.

Структура ремонтного циклу устаткування різна і залежить від характеру виробництва, типу апарату і холодильної установки в цілому. Все теплообмінне устаткування холодильних установок експлуатують з проведенням через кожні три місяця профілактичного огляду, щорічного поточного ремонту, середнього ремонту (через 3 роки) і капітального ремонту через 12 років. У ряді випадків обмежуються двома видами ремонту - поточним і капітальним. При профілактичних оглядах перевіряють затягування фланцевих з'єднань, усувають нещільність, виконують підтяжку або перебивання сальників запірної арматури, оглядають прилади контролю, запобіжні пристрої, перевіряють натягнення приводних пасів в апаратах з мішалками і вентиляторами, очищають жолоби в зрошувальних конденсаторах.

При поточному ремонті проводять додатковий об'єм робіт: часткове розбирання і демонтаж запірної арматури, перебивання всіх сальників, заміну прокладок, перевірку герметичності арматури, ремонт запобіжних і зворотних клапанів, в зрошувальних конденсаторах - демонтаж і очищення відбійних щитів і труб, очищення і регулювання водорозподільних пристроїв.

При середньому ремонті додатково до об'єму поточного ремонту

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					<i>52</i>	<i>78</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

проводять знімання кришок теплообмінників з очищенням труб і порожнин від мула, накипи, продуктів корозії, випробування на щільність для виявлення можливої течії труб в трубних решітках, підвальцювання, підварювання свищів і течій, заглушення дефектних труб, перевірку і наладку роботи мішалок, вибіркочу перевірку труб випарників (типу ІА або ІП) і зрошувальних конденсаторів на корозію, ремонт теплоізоляції, огляд технічною адміністрацією підприємства.

При капітальному ремонті додатково до об'єму середнього ремонту виконують роботи по заміні всіх раніше заглушених трубок (при заглушенні більше 15 % трубок), заміну труб і секцій, що мають течію, заміну труб із зносом більше 25 % по товщині стінки, ремонт і заміну запірної арматури, огляд інспектором Держміськтехнагляду.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>53</i>

14. Охорона праці

Посудини, що працюють під тиском – це герметично закриті ємкості, які призначені для ведення хімічних, теплових та інших технологічних процесів, а також для зберігання і перевезення газоподібних, рідких та інших речовин, що знаходяться під надлишковим тиском. До них належать парові та водогрійні котли; компресори; холодильні установки; стаціонарні посудини; балони і газгольдери; трубопроводи пари, газу та гарячої води.

Небезпека при експлуатації полягає у можливому раптовому вибуху великої потужності за рахунок вивільнення енергії адіабатичного розширення пари або газу. Так, при вибуху посудини, яка знаходиться під тиском 1МПа, при її об'ємі 1 м, вивільняється енергія близько 10 МВт. При цьому руйнуються технологічні конструкції, що часто супроводжується тяжкими травмами.

14.1 Класифікація, реєстрація та технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском.

Посудини, що працюють під тиском, належать до обладнання підвищеної небезпеки. Залежно від умов роботи посудини поділяються на дві групи. До першої групи належать посудини й апарати, наведені в табл. 14.1.

Вид посудини	Робочий тиск, МПа	Температура середовища, С	Умовно допустиме значення
Парові котли з об'ємом парового простору $V > 10$ л; ємкості, резервуари, цистерни, бочки, місткістю $V > 25$ л	$p > 0,07$	$t > 115$	$pV > 20$
Водогрійні котли з об'ємом водяного простору $V > 10$ л; посудини для води, місткістю $V > 25$ л	$p > 0,07$		$pV > 20$
Балони для стиснених, зріджених та розчинених газів, місткістю $V > 25$ л	$p > 0,07$		$pV > 20$

Таблиця 14.1. Класифікація посудин та апаратів першої групи, що працюють під тиском (V - об'єм у л³).

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Вовкула К.К.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Серьогін О.О.				54	78
Реценз.					НУХТ		
Н. Контр.					гр. ХМ-4-12ск		
Затверд.		Петренко В.П.			Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ		

Усе обладнання першої групи реєструється і перебуває під контролем органів Держпромгірнагляду України.

Посудини з умовами роботи, відмінними від посудин першої групи, належать до другої групи. Вимоги безпеки до таких посудин наведені у галузевих правилах безпеки. Вони не підлягають реєстрації в органах Держпромгірнагляду України. Нагляд за об'єктами цієї групи здійснює підприємство, яке несе відповідальність за безпечну експлуатацію, виконання ремонтних робіт та контроль за цими об'єктами.

Обладнання, що працює під тиском, підлягає технічному опосвідченню до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і в необхідних випадках, позачергово.

Посудини, що належать до першої групи, до пуску в роботу повинні пройти опосвідчення органами Держпромгірнагляду і отримати дозвіл на експлуатацію.

Технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском, буває двох видів:

- часткове (зовнішній і внутрішній огляд) - не рідше одного разу на 4 роки;
- повне (зовнішній і внутрішній огляд та гідравлічне випробування) - не рідше одного разу на 8 років.

Технічне опосвідчення посудин, що працюють під тиском, проводиться представником Держпромгірнагляду і представником підприємства. Обладнання, що не підлягає реєстрації, опосвідчується технічним керівництвом підприємства або спеціально призначеною ним комісією з компетентних інженерно - технічних працівників.

Зовнішній і внутрішній огляд проводиться після попередньої підготовки обладнання. Наприклад, котел охолоджують і ретельно очищують від накипу, сажі та шлакових відкладень. За необхідності, частково чи повністю знімається

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обмуровка. Якщо товщина стінок посудини зменшилась на 30 % і більше, порівняно з розрахунковою, то посудина бракується.

Гідравлічні умови випробування наведені в табл. 14.2.

При гідравлічному випробуванні котел перебуває під пробним тиском не менше 10 хв, а стаціонарна посудина - не менше 5 хв.

Результати технічного опосвідчення заносяться у паспорт обладнання.

Види посудин	Тиск p, МПа	
	робочий	випробування
Котли, пароперегрівачі, економайзери	$p < 0,5$	1,5p, але не менше 0,2МПа
Те саме	$p \geq 0,5$	1,25p, але не менше $p+0,3$ МПа
Ємкості, резервуари, посудини, цистерни, бочки (крім литих)	Незалежно	1,25p
Литі посудини	Незалежно	1,5p
Балони для стиснених, зріджених та розчинених газів (крім ацетиленових)	Незалежно	1,5p

Таблиця 14.2. Робочий та пробний тиск при гідравлічних випробуваннях обладнання.

Холодильні установки оглядаються і випробуються 1 раз на 3 роки під тиском азоту або діоксиду вуглецю, оскільки потрапляння води в систему може призвести до її псування.

Технічне опосвідчення балонів проводиться на підприємствах або газонаповнювальних станціях, а також на спеціальних ремонтно-випробувальних пунктах.

Трубопроводи пари і гарячої води поділяються на чотири категорії залежно від робочих параметрів середовища. До категорій I, II, III належать трубопроводи з тиском 1.6 ... 3.9 МПа і температурою середовища 250 ... 580 °С, до IV категорії - трубопроводи з температурою середовища 115 ... 250 °С та тиском 0.07 ... 1.6 МПа. Держпромгірнагляд контролює трубопроводи I категорії з умовним проходом більше 70 мм. та трубопроводи II, III категорій з умовним проходом більше 100 мм. Технічне опосвідчення цих трубопроводів

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

проводиться Держпромгірнаглядом у такі терміни:

- зовнішній огляд та гідравлічне випробування до початку експлуатації;
- зовнішній огляд - не рідше одного разу на 3 роки;
- зовнішній огляд та гідравлічне випробування після кожного ремонту з використанням зварювання, а також при пуску трубопроводів, що були на консервації більше 2 років.

Трубопроводи IV категорії та всі інші, що не відповідають наведеним вище параметрам, контролюють та випробують підприємства, що їх експлуатують, у встановленому порядку.

Гідравлічне випробування трубопроводів на міцність і щільність швів та з'єднань проводиться пробним тиском, який дорівнює 1.25 робочого.

14.2. Правила безпеки при експлуатації компресорних та холодильних установок.

Вибухи при роботі компресорів можуть відбуватися внаслідок перевищення тиску стисненого повітря, підвищення його температури при стисненні та утворення вибухонебезпечних сумішей кисню з продуктами розкладу мастил, а також при порушенні вимог безпеки в процесі обслуговування, експлуатації та догляду за технічним станом компресорів. Вони призводять до руйнування обладнання, будівлі, а також можуть призвести до травмування обслуговуючого персоналу.

Холодильні установки небезпечні, тому що холодоагенти, які використовуються в них, можуть спричинити отруєння, а суміш холодоагенту із повітрям може бути вибухонебезпечною.

Для безаварійної експлуатації компресорних і холодильних установок необхідно суворо дотримуватися правил безпеки.

Компресорні установки є небезпечними, тому що при стисненні повітря від атмосферного тиску до 1 МПа його температура може підвищитись з 20 °С

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до 300 °С, мастила при цьому частково випаровуються, а при надмірному змащуванні розпилюються у вигляді туману, що може утворювати вибухонебезпечну суміш з повітрям. Дотримання вимог до мастил та режимів змащування у поєднанні з надійним охолодженням є основним заходом попередження вибухів парів мастила при його розкладі. У компресорах низького тиску і малої продуктивності достатньо повітряного охолодження, а в інших необхідно застосовувати водяне охолодження.

Кожна компресорна установка повинна бути оснащена системою автоматики та контролю, арматурою, манометрами, запобіжними клапанами, термометрами і термопарами, контактними пристроями та іншими приладами контролю, що забезпечують її надійну і безаварійну роботу. Компресори продуктивністю біля 50 м³/хв, мають бути обладнані пристроями для автоматичного регулювання тиску нагнітання.

Компресорні станції з трьома і більше компресорами обладнуються системою дистанційного контролю, сигналізацією роботи установок і блокуючими пристроями, які автоматично вимикають привод компресора за перевищення температури і тиску стисненого повітря та температури води, що надходить з компресора після охолодження.

Вибухи та аварії холодильних установок інколи трапляються внаслідок гідравлічного удару, відмови запобіжних пристроїв і розриву нагнітального трубопроводу чи балонів з холодильним агентом та витіку холодоагента (аміаку або фреону) крізь нещільні з'єднання. Аміак утворює з повітрям вибухонебезпечну суміш, що особливо небезпечно при ремонтних роботах з відкритим полум'ям. Газоподібний аміак токсичний, його гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони дорівнює 20 мг/м³. Рідкий аміак викликає тяжкі опіки шкіри та опіки очей, що може призвести до сліпоті.

Компресори, як правило, слід розміщувати в окремих одноповерхових будівлях. Допускається розміщення компресорів продуктивністю до 20 м³/хв у прилягаючих приміщеннях за умови відокремлення від суміжних приміщень

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перегородкою, висотою не менше як 3 м. і товщиною не менше ніж 12.5 см. Окремі компресори продуктивністю до 10 м³/хв можуть встановлюватися на нижніх поверхах багатоповерхових виробничих будівель за умови їх відокремлення глухими вогнестійкими стінами.

Аміачні холодильні установки розміщують з дотриманням протипожежних норм. Машинне й апаратне відділення холодильних установок не слід з'єднувати проходом з виробничими приміщеннями. Вони обладнуються проточною вентиляцією з підігрівом повітря у холодний період року, яка забезпечує двократний повітрообмін, аварійною вентиляцією, аварійним освітленням та двома евакуаційними виходами.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Економічний розрахунок

15.1. Плановий виробіток холоду.

Виробнича програма компресорного цеху – це встановлене завдання з виробництва холоду, який необхідний для виготовлення продукції, теплопередачі, вентиляції.

Виробіток холоду $V_{хол}$, в стандартних умовах визначається за формулою [12] с.4:

$$V_{хол} = V_{хр} \cdot K_{п} \cdot T \quad (15.1)$$

де: $V_{хр}$ - розрахунковий виробіток холоду в робочих умовах, Вт;

$K_{п}$ - коефіцієнт переводу з робочих умов в стандартні;

T - час роботи компресора за рік, с ($T = 19440000$ с).

Коефіцієнт переводу з робочих умов в стандартні прийнятий за даними Діпрохолоду в залежності від температури кипіння холодоагенту і береться з таблиці 15.1.1.

Температура	- 45	- 40	- 35	- 33	- 30	- 28	- 14	- 12	- 10
Коефіцієнт	3.5	2.9	2.24	2.0	1.8	1.5	1.4	0.85	0.76

Таблиця 15.1.1 - Перевідний коефіцієнт в стандартні умови.
Результати розрахунків зводяться в таблицю 15.1.2.

Марка агрегату	Кількість компресорів, шт.	Холодопродуктивність компресора за годину, кВт	Температура кипіння, °С	Коефіцієнт переводу в стандартні умови	Виробіток холоду в стандартних умовах за годину, кВт	Всього холоду за рік в стандартних умовах, тис. кДж
марка СВV-МН152Х» фірми «Остров»	4	56.3	- 15	1.41	317.53	6172783

Таблиця 15.1.2 - Плановий виробіток холоду за рік.

00 КР 142.008.418.2022 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Вовкула К.К.		
Перевір.		Серьогін О.О.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ				
		Літ.	Арк.	Акрушів
			60	78
НУХТ гр. ХМ-4-12ск				

15.2. Виробничі інвестиції.

Виробничі інвестиції, $V_{ін}$, грн., по компресорному цеху визначаються за формулою [12] с.5:

$$V_{ін} = V_{з.обл} + V_{буд}; \quad (15.2)$$

де: $V_{з.обл}$ - загальна вартість обладнання, грн.;

$V_{буд}$ - вартість будівель, грн.

Загальна вартість обладнання, $V_{з.обл}$, грн., визначається за формулою [12] с.5:

$$V_{з.обл} = Ц + Д + М + І; \quad (15.3)$$

де: Ц - оптова ціна обладнання, грн.;

Д - витрати на доставку, грн.;

М - витрати на монтаж обладнання, грн.;

І - інші витрати, грн.

Для визначення вартості нового обладнання необхідно скласти специфікацію, яка представлена в таблиці 15.2.1.

Назва обладнання	Марка	Кількість	Ціна за одиницю	Сума, грн.
Компресор	MT125HU4VE	4	50000	200000
Конденсатор	CBV-MH152X	2	30000	60000
Випаровувач пластинчастий	XG 31H	1	40000	40000
Лінійний ресивер	F552T	1	15000	15000
Відокремлювач рідини	ОЖГ70	1	12000	12000
Насос для подачі розсолу	2К-20/18	2	4200	8400
Батарея	13 м	6	700	4200
Батарея	10 м	4	550	2200
Всього				341800

Таблиця 15.2.1 - Специфікація обладнання

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Вартість нового обладнання, Ц, грн., встановлюють за оптовими цінами прейскурантів чи кошторисами витрат при виготовленні обладнання самим підприємством.

Витрати на доставку обладнання, Д, грн., встановлюють за відповідними тарифами на перевезення або у відсотках від вартості обладнання у розмірі 10 %:

$$Д = \frac{341800 \cdot 10}{100} = 34180 \text{ грн};$$

Витрати на монтаж обладнання, М, грн., знаходять за відповідними ціниками чи у відсотках від вартості обладнання (15 %):

$$М = \frac{341800 \cdot 15}{100} = 51270 \text{ грн};$$

Інші витрати І, грн., включають витрати на технічні заходи і установки, що запобігають негативному впливу техніки на умови праці і розраховуються у відсотках від вартості обладнання (5 %):

$$І = \frac{341800 \cdot 5}{100} = 17090 \text{ грн};$$

Загальна вартість обладнання складає:

$$V_{з.обл} = 341800 + 34180 + 51270 + 17090 = 444340 \text{ грн};$$

Вартість будівлі цеху, $V_{буд}$, грн., визначається за формулою:

$$V_{буд} = S_{буд} \cdot V_{пл}; \quad (15.4)$$

де: $S_{буд}$ - площа будівлі компресорного цеху, m^2 .

$V_{пл}$ - вартість 1 m^2 площі будівлі, грн.

$$V_{буд} = 36 \cdot 16000 = 576000 \text{ грн};$$

Об'єм будівлі компресорного цеху, $V_{буд}$, m^3 , розраховується за формулою [12] с.6:

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{буд}} = S_{\text{буд}} \cdot H \quad (15.5)$$

де: S - площа компресорного цеху, м²;

H - висота компресорного цеху, м.

$$V_{\text{буд}} = 36 \cdot 4.8 = 173 \text{ м}^3;$$

Виробничі інвестиції, $V_{\text{ін}}$, грн., по компресорному цеху дорівнюють:

$$V_{\text{ін}} = B_{\text{з.обл}} + V_{\text{буд}} = 444340 + 576000 = 1020340 \text{ грн.}$$

15.3. Чисельність робітників.

Для розрахунку чисельності робітників треба розрахувати ефективний фонд робочого часу одного робітника за рік, який визначається з балансу робочого часу одного середньоспискового робітника за рік і наведений в таблиці

15.3.1.

Показники	Одиниці виміру	План
<i>Календарний фонд робочого часу</i>	<i>дні</i>	<i>365</i>
<i>Вихідні і святкові дні</i>	<i>дні</i>	<i>110</i>
<i>Номінальний фонд робочого часу</i>	<i>дні</i>	<i>255</i>
<i>Неявки на роботу, всього</i>	<i>дні</i>	<i>25</i>
<i>в тому числі:</i>		
<i>чергові відпустки</i>	<i>дні</i>	<i>21</i>
<i>додаткові відпустки</i>	<i>дні</i>	<i>-</i>
<i>виконання суспільних і державних обов'язків</i>	<i>дні</i>	<i>-</i>
<i>відпустки у зв'язку з вагітністю та пологами</i>	<i>дні</i>	<i>-</i>
<i>у зв'язку з непрацездатністю</i>	<i>дні</i>	<i>3</i>
<i>неявки з дозволу адміністрації</i>	<i>дні</i>	<i>1</i>
<i>Число робочих днів за рік</i>	<i>дні</i>	<i>230</i>
<i>Тривалість зміни</i>	<i>год.</i>	<i>8</i>
<i>Втрати робочого часу у зв'язку із скороченням робочого дня в передсвяткові дні, скорочені години роботи підлітків та ін.</i>	<i>год.</i>	<i>0.04</i>
<i>Середня тривалість робочого дня</i>	<i>год.</i>	<i>7.96</i>
<i>Ефективний фонд робочого часу одного робітника за рік</i>	<i>год.</i>	<i>18308</i>

Таблиця 15.3.1 - Баланс робочого часу одного середньоспискового робітника за рік.

Коефіцієнт перерахування планової чисельності персоналу в спискову $K_{\text{п}}$ визначається за формулою [12] с.7:

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						63
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$K_{\pi} = \frac{B_{н}}{B_{\phi}} \quad (15.6)$$

де: $B_{н}$ - номінальний фонд робочого часу, год;

B_{ϕ} - ефективний фонд робочого часу, год;

$$K_{\pi} = \frac{2029.8}{1830.8} = 1.1;$$

Чисельність робітників машиністів і слюсарів-ремонтників, P , чол., визначається формулою [12] с.8:

$$P = \sum H_{ч} \cdot \pi \cdot K \cdot K_{\pi} \quad (15.7)$$

де: $H_{ч}$ - норматив чисельності на один компресор даної групи, чол;

π - кількість компресорів одного типу в групі;

K - поправочний коефіцієнт зниження норм чисельності в залежності від кількості компресорів в групі. Величина K приймається з таблиці 15.3.2.

Кількість компресорів одного типу в групі, π	1	2...4	5...9	10 і більше
Поправочний коефіцієнт зниження норм чисельності, K	1	0.8	0.7	0.6

Таблиця 15.3.2 - Поправочний коефіцієнт.

Норматив чисельності машиністів і слюсарів, $H_{ч}$, чол, на один компресор даної групи беремо з додатку. Розрахунок чисельності машиністів холодильних установок представлений в таблиці 15.3.3.

Марка агрегату	Кількість компресорів	Норматив чисельності	Коефіцієнт змінності	Поправочний коефіцієнт зниження норм чисель.	Розрахунок чисел за добу	Прийнята чисельність за добу, чол.	Коефіцієнт списку ового складу	Розрахунок списку ово чисел	Прийнята чисельність робітників, чол.
MT125HU 4VE	4	0.35	3	0.8	3.36	3	1.1	3.3	3

Таблиця 3.3 - Розрахунок чисельності машиністів.

Розрахунок чисельності слюсарів-ремонтників представлено в таблиці 3.4.

Марка агрегату	Кількість компресорів в групі	Норматив чисельності Нч	Розрахунок чисельності слюсарів-ремонтників, чол	Прийнята чисельність слюсарів-ремонтників чол.	Коефіцієнт спискового складу	Спискова розрахунок чисельність робітників, чол	Прийнята спискова чисельність робітників, чол
MT125HU4VE	4	0.138	0.55	1	1.1	1.1	1

Таблиця 15.3.4 - Розрахунок чисельності слюсарів-ремонтників.

Чисельність чергових електриків, $P_{ел}$, чол, визначається за формулою [12] с.9:

$$P_{ел} = H_{ч} \cdot K_{зм} \cdot K_{п}; \quad (15.8)$$

де: $H_{ч}$ - норматив чисельності чергових електриків, чол;

$K_{зм}$ - кількість змін за добу;

$K_{п}$ - коефіцієнт перерахування планової чисельності в спискову.

$$P_{ел} = 0.8 \cdot 3 \cdot 1.1 = 2.64 = 3 \text{ чол.}$$

Число змінних механіків залежить від конкретних умов кожного підприємства, сумарної холодопродуктивності встановлених компресорів:

до 1700 кВт - 1 механік;

1700 - 5000 кВт - 2 механіка;

понад 5000 кВт - 4 механіка.

Так, як сумарна холодопродуктивність менша 1700 кВт, приймаємо 1 механіка.

Чисельність працівників цехового персоналу представлена в таблиці 15.3.5.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва посади	Кількість працівників, чол.
Начальник цеху	1
Механік	1
Прибиральниця	1
Всього	3

Таблиця 15.3.5 - Чисельність працівників цехового персоналу.

Чисельність всього промислово-виробничого персоналу по цеху представлена у таблиці 15.3.6.

Назва посади	Кількість працівників, чол.
Начальник цеху	1
Механік	1
Машиніст	3
Слюсар-ремонтник	1
Електрик	3
Прибиральниця	1
Всього	10

Таблиця 15.3.6 - Чисельність всього промислово-виробничого персоналу по цеху.

15.4. Заробітна плата.

Загальна заробітна плата робітників цеху, $Z_{зп}$, грн, розраховується за формулою [12] с.10:

$$Z_{зп} = 3P_{осн} + D_d \quad (15.9)$$

де: $3P_{осн}$ - основна заробітна плата, грн;

D_d - доплати і додаткова заробітна плата, грн.

Основна заробітна плата, $3P_{осн}$, грн, розраховується за формулою [12] с.10:

$$3P_{осн} = P \cdot T_{с.г} \cdot B_{еф}; \quad (15.10)$$

де: P - чисельність робітників, обслуговуючих холодильне обладнання, чол;

$T_{с.г}$ - годинна тарифна ставка за розрядом, грн;

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

B_{ef} - ефективний фонд робочого часу одного середньооблікового робітника за рік, год.

Доплати і додаткова заробітна плата становлять 50 % від основної заробітної плати. Премія приймається у розмірі 30 % від основного фонду заробітної плати.

Фонд заробітної плати робітників, які обслуговують холодильне обладнання, відноситься до основних витрат і включається в калькуляцію собівартості одиниці холоду, а фонд зарплати цехового персоналу відносять до кошторису цехових витрат. Розрахунок заробітної плати представлений в таблиці 15.4.1.

Назва професії	Кількість робітників, чол.	Розряд	Година тарифна ставка, грн.	Баланс робочого часу на рік, годин	Основна заробітна плата, грн.	Доплати і додаткова заробітна плата, грн.	Премія, грн.	Загальний фонд заробітної плати з премією, грн.
Машиніст	3	V	50,39	1830,8	276762	138381	83029	498172
Слюсар	1	V	50,39	1830,8	92254	46127	27676	166057
Електрик	1	IV	43,88	1830,8	80336	40168	24101	144605
Електрик	2	VI	56,62	1830,8	207320	62196	103660	373176
Всього	7				656672	286872	238466	1182010

Таблиця 15.4.1 - Розрахунок заробітної плати робітників.

Заробітна плата цехового персоналу за рік, ФЗП, грн, розраховується за формулою [12] с.12:

$$\text{ФЗП} = O_k \cdot K_m + P_p; \quad (15.11)$$

де: O_k - місячний оклад цехового персоналу, грн;

K_m - кількість місяців, грн;

P_p - премія, грн.

Розмір премії нараховується в залежності від посади. Розрахунок заробітної плати представлений в таблиці 15.4.2.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Склад персоналу	Кількість персоналу	Місячний оклад, грн.	Фонд зарплати, грн.	Премія, %	Премія, грн.	Фонд зарплати з премією, грн.
Начальник	1	15000	180000	40	72000	252000
Механік	1	14500	174000	40	69600	243600
Прибиральниця	1	7000	84000	20	16800	100800
Всього	3					596400

Таблиця 15.4.2 - Заробітна плата цехового персоналу.

Середньомісячна заробітна плата одного робітника цеху, $ЗП_{сер}$, грн, розраховується за формулою [12] с.12:

$$ЗП_{сер} = \frac{\Phi ЗП}{Ч_{сп}} \cdot 12; \quad (15.12)$$

де: $\Phi ЗП$ - загальний фонд заробітної плати, грн;

$Ч_{сп}$ - спискова чисельність робітників, чол.

Загальний фонд заробітної плати робітників представлений в таблиці 15.4.1. Спискова чисельність працівників цехового персоналу представлена в таблиці 15.3.5. Загальний фонд заробітної плати цехового персоналу представлений в таблиці 15.4.2.

Розрахунок середньомісячної заробітної плати промислово-виробничого персоналу компресорного цеху представлений в таблиці 15.4.3.

Склад персоналу цеху	Чисельність	Річний фонд зарплати, грн.	Середньомісячна зарплата, грн.
Робітники	7	1182010	14072
Цеховий персонал	3	596400	16567
Всього	10	1778410	14820

Таблиця 15.4.3 - Середньомісячна заробітна плата промислово-виробничого персоналу цеху.

15.5. Собівартість одиниці холоду.

Калькулювання потрібне для вирішення низки економічних завдань: обґрунтування цін на вироби, обчислення рентабельності виробництва,

аналізу витрат на виробництво однакових виробів на різних підприємствах, тощо.

Калькуляція 1000 кДж холоду складається за наступними статтями:

1. Холодильний агент;
2. Мастильні матеріали;
3. Електроенергія силова;
4. Вода виробнича;
5. Заробітна плата виробничого персоналу;
6. Відрахування на соціальні заходи;
7. Цехові витрати.

Розраховуємо статті витрат.

1. Холодильний агент.

Ці витрати, $V_{x/a}$, грн., знаходяться в прямій залежності від встановленої холодопродуктивності компресорів і розраховуються за формулою [12] с.14:

$$V_{x/a} = H_B \cdot B_x \cdot K \cdot C_{x/a}; \quad (15.13)$$

де: H_B - норма витрат на 1 кВт стандартної годинної продуктивності, кг;

B_x - стандартний годинний виробіток холоду, кВт;

K - коефіцієнт, який враховує втрату фреону при ремонтних роботах;

$C_{x/a}$ - ціна 1 кг холодоагенту, грн.

$$V_{x/a} = 5.58 \cdot 317.53 \cdot 1.7 \cdot 120 = 361450 \text{ грн.}$$

2. Мастильні матеріали.

Витрати на мастильні матеріали, $V_{\text{мас}}$, грн, розраховують за формулою [12] с.14:

$$V_{\text{мас}} = H_B \cdot C_{\text{мас}} \cdot t \quad (15.14)$$

де: H_B - норма витрат мастила на 1 рік роботи обладнання, кг;

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$C_{\text{мас}}$ - ціна 1 кг мастила, грн.

t - тривалість роботи обладнання за рік, год.

Розрахунок мастильних матеріалів представлений в таблиці 15.5.1.

Назва обладнання	Кільк. одиниць обладнання	Тривалість роботи обладнання за рік, годин	Вид змазки	Норма витрат, кг	Потреб в мастильних матеріалах на рік, кг	Вартість 1 кг мастильних матеріалів, грн	Сума витрат на мастильні матеріали, грн.
Компресор	4	5400	ХФ 22-24	0,06	1296	40,00	51840
Насос	2	3000	СУ	0,003	18	35,00	630
Вентилятор конденсатора	1	3000	СУ	0,003	9	35,00	315
Всього	6						52785

Таблиця 15.5.1 - Вартість мастильних матеріалів.

3. Електроенергія силова.

Витрати на силову електроенергію для приводу компресорів, насосів, вентиляторів, $V_{\text{ел}}$, грн, встановлених на основному обладнанні, розраховують за формулою [12] с.15:

$$V_{\text{ел}} = p \cdot t \cdot K_{\text{п}} \cdot N_{\text{ен,дв}} \cdot C_{\text{ел.ен}}; \quad (15.15)$$

де: p - кількість електродвигунів;

t - тривалість роботи при максимальному навантаженні, год;

$K_{\text{п}}$ - коефіцієнт попиту електроенергії;

$N_{\text{ен,дв}}$ - потужність електродвигунів з технічних характеристик, кВт;

$C_{\text{ел.ен}}$ - ціна 1 кВт/год електроенергії, грн.

Витрати на силову електроенергію представлені в таблиці 15.5.2.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Назва обладнання	Кількість одиниць	Потужність, кВт	Тривалість роботи за рік, год.	Коефіцієнт попиту	Потреба в електроенергії за рік, кВт год.	Вартість 1 кВт/год електроенергії, грн.	Сума витрат на електроенергію грн.
Компресор	4	28,3	5400	0,7	427896	2,60	1112530
Насос	2	0,8	3000	0,7	3360	2,60	8736
Вентилятор конденсатора	1	4,6	3000	0,7	9660	2,60	25116
Всього					440916		1146382

Таблиця 15.5.2 - Вартість енерговитрат.

4. Вода виробнича.

Ці витрати розраховуються тільки при використанні водопровідної води. Витрати води на охолодження компресорів і конденсаторів враховуються в розмірі витрат на охолодження обладнання. При використанні оберненого водопостачання витрати складають 8 % від витрат водопровідної води.

Річна потреба води, P_B , м³, визначається за формулою [12] с.15:

$$P_B = B_{\Pi} \cdot B_{\text{хол}}; \quad (15.16)$$

де: B_{Π} - питома витрата води, м³/тис.кДж;

$B_{\text{хол}}$ - виробіток холоду, тис.кДж.

$$P_B = 0.0014 \cdot 6172783 = 8642 \text{ м}^3;$$

Кількість води, K_B , м³, розраховуються у відсотках від потреб води за формулою [12] с.16:

$$K_B = P_{\Pi} \cdot K_{\text{о.в}}; \quad (15.17)$$

де: $K_{\text{о.в}}$ - коефіцієнт, що враховує обернене водопостачання;

$$K_B = 8642 \cdot 0.08 = 691 \text{ м}^3;$$

Вартість води, B_B , грн., розраховується за формулою [4] с.16:

$$B_B = K_B \cdot C_B; \quad (15.18)$$

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: K_B - кількість води, м³;

C_B - ціна 1 м³ води, грн.

$$B_B = 691 \cdot 26.80 = 18519 \text{ грн.}$$

5. Річний фонд заробітної плати виробничих робітників.

Річний фонд заробітної плати виробничих робітників з премією за даними таблиці 15.4.1 становить 1182010 грн.

6. Відрахування на соціальні заходи.

Відрахування з заробітної плати на соціальні заходи, $V_{c.z}$, грн, складають 22 % від загального фонду заробітної плати з премією:

$$V_{c.z} = \frac{1182010 \cdot 22}{100} = 260042 \text{ грн.}$$

7. Цехові (загальновиробничі) витрати пов'язані з управлінням і обслуговуванням цеху. Для цього складається кошторис, в який включають наступні витрати:

- 7.1. Фонд зарплати цехового персоналу;
- 7.2. Відрахування на соціальні заходи;
- 7.3. Витрати на утримання будівель і обладнання;
- 7.4. Амортизація будівель і обладнання;
- 7.5. Витрати по раціоналізації і винахідництву;
- 7.6. Зношування малоцінного інвентарю і інструментів;
- 7.7. Витрати на охорону праці і техніку безпеки;
- 7.8. Інші цехові витрати.

Розрахунок кошторису цехових витрат:

7.1. Фонд зарплати цехового персоналу представлений в таблиці 15.4.2, він становить 596400 грн.

7.2. Відрахування на соціальні заходи розраховуємо у розмірі 22 % до суми загального фонду зарплати цехового персоналу:

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$B_{с.з} = \frac{596400 \cdot 22}{100} = 131208 \text{ грн.}$$

7.3. Витрати на утримання будівель і обладнання, $B_{ут.б.обл}$, грн, приймаються в розмірі 3 % від початкової вартості обладнання і будівель, розраховуються за формулою [12] с.13:

$$B_{ут.б.обл} = \frac{K_{в.з}}{100} = \frac{(444340+576000) \cdot 3}{100} = 30610 \text{ грн.} \quad (15.19)$$

7.4. Річна сума амортизаційних відрахувань на обладнання, $A_{р.об}$, грн, розраховується за формулою [12] с.13:

$$A_{р.об} = B_{обл} \cdot H_a; \quad (15.20)$$

де: $B_{обл}$ - вартість обладнання, грн;

H_a - норма амортизації, %.

$$A_{р.об} = \frac{444340 \cdot 15}{100} = 66651 \text{ грн.}$$

7.5. Амортизація будівель.

Сума амортизаційних відрахувань на будівлі $A_{р.б}$. розраховується за формулою [12] с.13:

$$A_{р.б} = B_{буд} \cdot H_a; \quad (15.21)$$

де: $B_{буд}$ - вартість будівлі, грн;

$$A_{р.б} = \frac{576000 \cdot 5}{100} = 28800 \text{ грн.}$$

7.6. Витрати по раціоналізації та винахідництву, $B_{р.в}$, грн, визначаються орієнтовно в розмірі 4 % від загального фонду заробітної плати промислово-виробничого персоналу цеху.

$$B_{р.в} = \frac{1778410 \cdot 4}{100} = 71136 \text{ грн.}$$

7.7. Зношення малоцінного і швидкозношуваного інвентарю, $B_{зінв}$.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грн, приймають в розмірі 10 % від витрат на амортизацію обладнання.

$$B_{\text{зінв}} = \frac{66651 \cdot 10}{100} = 6665 \text{ грн.}$$

7.8. Витрати на охорону праці при експлуатації холодильних установок, Во.п, грн, розраховують в розмірі 3 % від загального фонду заробітної плати промислово-виробничого персоналу цеху.

$$B_{\text{о.п.}} = \frac{1778410 \cdot 3}{100} = 53352 \text{ грн.}$$

7.9. Інші цехові витрати, I_{ц.в.}, грн., визначаються в розмірі 0.5 % від загальних цехових витрат.

$$I_{\text{ц.в.}} = \frac{984822 \cdot 0.5}{100} = 4924 \text{ грн.}$$

Розрахунок кошторису цехових витрат представлено в таблиці 15.5.3

№ п/п	Елементи витрат	Сума, грн.
1	Зарплата цехового персоналу	596400
2	Відрахування з зарплати на соціальні заходи	131208
3	Витрати на утримання обладнання і будівель	30610
4	Амортизація обладнання	66651
5	Амортизація будівель	28800
6	Витрати на раціоналізаторство і винахідництво	71136
7	Зношення малоцінного і швидкозношуваного інвентарю	6665
8	Охорона праці	53352
9	Інші витрати	4924
	Всього	989746

Таблиця 15.5.3 - Цехові витрати.

Планова калькуляція собівартості одиниці холоду представлена в таблиці 15.5.4.

№ п/п	Статті витрат	Сума витрат на річний виробіток	на 1000 кДж, грн.
1	Холодильний агент	361450	0.058
2	Мастильні матеріали	52785	0.008
3	Електрична енергія силова	1146382	0.186
4	Вода виробнича	18519	0.003
5	Зарплата виробничих робітників	1182010	0.192
6	Відрахування на соціальні заходи	260042	0.043
7	Цехові витрати	989746	0.161
	Всього	4010934	0.65

Таблиця 15.5.4 - Калькуляція собівартості одиниці холоду.

15.6. Показники економічної ефективності.

По компресорному цеху продуктивність праці, ПП, тис.кДж/чол, визначається натуральним методом за формулою [12] с.20:

$$ПП = \frac{V_{хол}}{P_{прп}}; \quad (15.22)$$

де: $V_{хол}$ - виробіток холоду стандартний за рік, тис. кДж/рік;

$P_{прп}$ - чисельність промислово-виробничого персоналу, чол.

$$ПП = \frac{6172783}{10} = 617278 \text{ тис. кДж/чол.}$$

Енергоозброєність-відношення кількості спожитої електроенергії до чисельності ПВП.

Енергоозброєність, E_o , кВт/год/чол, по цеху визначається за формулою [12] с.20:

$$E_o = \frac{V_{ел.ен}}{P_{обс.хол.обл.}}; \quad (15.23)$$

де: $V_{ел.ен}$ - витрати силової енергії, кВт/год;

$P_{обс.хол.обл.}$ - чисельність робітників, що обслуговують холодильне обладнання, чол.

$$E_o = \frac{440916}{7} = 62988 \text{ кВт/год.}$$

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зняття продукції з 1 м² виробничої площі характеризує ефективність використання виробничої площі. Зняття продукції з 1 м² виробничої площі з тис. кДж /м², розраховується за формулою [12] с.20:

$$z = \frac{V_{\text{хол}}}{S}; \quad (15.24)$$

де: $V_{\text{хол}}$ - виробіток холоду стандартний за рік, тис. кДж;

S - виробнича площа цеху, включаючи всі допоміжні приміщення, м².

$$z = \frac{6172783}{36} = 171466 \text{ тис. кДж/м}^2.$$

15.7. Висновки.

Будівництво компресорного цеху є економічно обґрунтованим. Усі техніко-економічні показники роботи цеху знаходяться у межах середньогалузевих показників.

Техніко-економічні показники роботи компресорного цеху зведені у таблицю 15.7.1.

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Абсолютні величини
1	Плановий виробіток холоду за рік	тис. кДж	6172783
2	Капітальні вкладення	грн.	1020340
	в т.ч. обладнання	грн.	444340
	будівлі	грн.	576000
3	Чисельність працівників у цеху	чол.	10
	в тому числі робітників	чол.	7
4	Середньомісячна зарплата по цеху	грн.	14820
	в тому числі робітників	грн.	14072
5	Собівартість 1 тис кДж холоду	грн.	0.65
6	Продуктивність праці	тис.кДж/чол.	617278
7	Енергоозброєність	кВт год./чол.	62988
8	Зняття продукції з 1м ² площі	тис.кДж/м	171466

Таблиця 15.7.1 - Техніко-економічні показники роботи компресорного цеху.

Література

1. Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Б.К. Явнель. – М.: Агропромиздат, 1998.
2. Свердлов Г.З. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Г.З. Свердлов., Б.К. Явнель. – М.: Пищевая промышленность, 1978.
3. Брайдерт Г.И. Проектирование холодильных установок. Расчёты, параметры, примеры / Г.И. Брайдерт – М.: Техносфера, 2006.
4. Быков А.В. Холодильная техника / А.В. Быков. – М.: Пищевая промышленность, 1978.
5. Голованов Г.С. Охрана труда при обслуживании холодильных установок / Г.С. Голованов, Н.Б. Френлах. – Л.: Машиностроение, 1983.
6. Кондрашова Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки / Н.Г. Кондрашова, Н.Г. Лашутина. – М.: Высшая школа, 1984.
7. Кошкин Н.Н. Холодильные машины / Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун. - Л.: Машиностроение, 1979.
8. Ксенженко П.О. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни «Холодильно-компресорні машин та установки» і дипломного проекту із спеціальності «Монтаж і експлуатація холодильно-компресорних машин та установок» / П.О. Ксенженко, Т.М. Таран. – Полтава, 2010.
9. Курьлёв Б.С. Холодильные установки / Б.С. Курьлёв. – СПб.: Политехника, 2002.

					<i>00 КР 142.008.418.2022 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вовкула К.К.</i>			<i>Проект промислового холодильника сирзаводу місткістю 400 т. у м. Дніпропетровськ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Серьогін О.О.</i>					77	78
<i>Реценз.</i>						НУХТ <i>гр. ХМ-4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

10. Лашутина Н.Г. Холодильная техника мясной и молочной промышленности / Н.Г. Лашутина. – М.: Агропромиздат, 1989.

11. Полевой А.А. Монтаж холодильных установок / А.А. Полевой. – СПб.: Политехника, 2005.

12. Економіка енергетики: Методичні вказівки до виконання курсової роботи і економічної частини дипломного проекту для студентів за напрямом підготовки 6.050604 «Енергомашинобудування», 14 «Енергетична інженерія» для студентів спеціальності 5.05060403 «Монтаж і обслуговування холодильно-компресорних машин та установок», 142 «Енергетичне машинобудування»
Укладач: Н.А.Гайворонська – Полтава: ПКХТ НУХТ, 2017 – 28 с.

13. Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид.- К.: Каравела, 2005- 568 с.

14. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. -К.: Каравела, 2004. - 408 с.

15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

16. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

					00 КР 142.008.418.2022 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78