

**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) _____
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

на тему: _____ Проект холодозабезпечення птахокOMBІнату продуктивністю
55т/добу _____ у _____ смт. _____ Брусилів _____ Житомирська
обл. _____

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-11ск

_____ Савотін Кирило Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник _____ Філоненко Віталій Миколайович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2021р.

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

“ 08 ” квітня 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Савотін Кирило Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.

керівник роботи Філоненко Віталій Миколайович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 30 ” 03 2021 року №227-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2021р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717 аміак

Тип продукту тушки птиці

Ізоляційний матеріал ПСБ-С

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника _____

2. Схема холодильної установки _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 08 квітня 2021р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	08.04-13.04	виконано
2	Виконання холодильної частини ДП	14.04-18.05	виконано
3	Вибір обладнання холодильної(их) установок	19.05-20.05	виконано
4	Оформлення креслень та ПЗ	21.05-31.05	виконано
5	Здача готової роботи	01.06.2021р.	виконано

Здобувач _____
(підпис)

Савотін К.О _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Філоненко В.М _____
(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	1
1. Технологічна частина.....	5
1.1. Призначення і характеристика об'єкту проектування	5
1.2. Технологія зберігання харчових продуктів	6
2. Розрахункова частина	8
2.1.Об'ємно-планувальне рішення холодильника.....	8
2.2.Призначення, вибір та розрахунок ізоляційного шару холодильника	11
2.3.Розрахунок теплового навантаження	15
2.4. Вибір системи охолодження і типу холодильної установки.....	33
2.5. Розрахунок та вибір основного обладнання холодильної установки.....	33
2.5.1.Вибір теплових режимів	33
2.5.2 Визначення холодопродуктивності компресорів	33
2.5.3.Побудова циклу холодильної установки.....	35
2.5.4 Підбір компресора	36
2.5.5. Розрахунок і підбір приладів охолодження	37
2.5.6. Розрахунок конденсатора.....	42
2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання	44
2.7 Принцип роботи холодильної установки.....	46
3. Автоматизація холодильної установки	47
3.1 Автоматичний захист	47
3.2 Автоматичне регулювання	48
3.3 Автоматична сигналізація.....	51
3.4 Контрольно-вимірювальні прилади	51
4. Технічна експлуатація та технічне обслуговування холодно-компресорної установки	53
4.1. Організація технічної експлуатації та технічного обслуговування.....	53
4.2. Пуск, зупинка та обслуговування холодильних установок	55

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>	Філоненко В.Н					ДП	1	95
<i>Консульт.</i>						ННІТІ		
<i>Консульт.</i>						ХМ 4-11СК		
<i>Затверд.</i>	Петренко В.П							

4.3. Обслуговування компресорів і допоміжних механізмів	59
4.3.1. Особливості обслуговування відцентрових pomp	61
4.3.2. Обслуговування апаратів та систем трубопроводів	63
4.4. Виконання робіт технічного обслуговування холодильних установок ...	65
4.4.1. Добавляння мастила в картер вертикального компресора	65
4.4.2. Випускання мастила з апаратів.....	65
4.4.3. Випускання повітря.....	66
5. Заходи що до захисту навколишнього середовища.	70
6. Заходи з охорони праці, ТБ, БЖД	72
6.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів об'єкта проектування і їх вплив на вибір конструкції, архітектурно-планувальних рішень і навколишнє середовище	72
6.2. Техніка безпеки при експлуатації холодильної установки.....	77
6.3. Виробнича санітарія.....	81
6.4. Протипожежні заходи	82
7. Заходи щодо енергозаощадження	2
8. Економічна частина	85
8.1. Розрахунок капітальних вкладень	85
8.2. Розрахунок цехових витрат	86
8.3. Неврахованих цехових витрат	90
8.4. Розрахунок експлуатаційних витрат по холодильнику.....	90
8.5. Розрахунок річного прибутку	91
9. Висновки.....	92
10. Література	94

Анотація

В дипломному проекті розраховано проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55 т/добу смт. Брусилів Житомирської обл.

В проекті виконано підбір необхідного холодильного обладнання, підібраний холодагент (R717) аміак, з метою досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії при роботі холодильної установки та досягненні необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах.

Наведено розрахунки будівельно-ізоляційних конструкцій, площ камер холодильника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

В дипломі описані такі розділи як «Розрахунок холодильника», «Охорона праці» та «Розрахунок економічної ефективності».

В дипломному проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів.

Вступ

Холодильна установка призначена для отримання і використання штучного холоду в самих різноманітних технологічних процесах. Холодильні установки застосовують з кожним роком все ширше і ширше, захоплюючи практично всі галузі народного господарства.

При цьому, як завжди актуальним є використання штучного холоду для холодного консервування харчових продуктів, створення оптимальних умов зберігання, забезпечення мінімальних втрат продуктів при зберіганні и переробці. Зараз стоїть задача добитися повного забезпечення країни продуктами харчування. В зв'язку з цим велике значення отримує проблема зменшення витрат продуктів, що швидко псуються.

Перспективним направленням холодильного господарства є здійснення різних заходів по зниженню природних витрат м'яса та м'ясопродуктів при холодильній обробці і зберіганні, а також зниженню витрат електроенергії на холодильну обробку і зберігання.

З метою забезпечення довгого зберігання високої якості продуктів, що швидко псуються, холодильні установки повинні підтримувати необхідний технологіям температурний режим середовища: для охолодження до -5°C , заморожування -35°C -45°C , зберігання продуктів в охоложеному вигляді -0°C -2°C , в замороженому вигляді -20°C -30°C . Температурний режим транспортування харчових продуктів залежить від виду продуктів, що перевозять, і попереднього процесу холодильних технологій їх охолодження чи замороження.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	3	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.	Петренко В.П							

Холодильна техніка є енергоємною галуззю народного господарства, і тому виділяється велика увага енергозберігаючим технологіям та методам підвищення ефективності холодильних систем. В останні роки відбувається технічне переозброєння холодильних стаціонарних і транспортних підприємств, оснащення їх повністю автоматизованими високоефективними холодильними установками. Значна увага приділяється екологічній виробленню штучного холоду, використуваних, згідно з монреальським протоколом, природних холодоагентів, енергоефективного, екологічно безпечного обладнання. Штучний холод отримав широке застосування у всіх галузях народного господарства харчової та хімічної промисловості, торгівлі і громадському харчуванні, кондиціонуванні повітря, закалюванні сталевих виробів, медицині, шовківництві, фармацевтичній промисловості. Це стало можливим в результаті широкого розвитку комплексних науково-дослідницьких робіт в області холодильної техніки, великих досягнень холодильного машинобудування, вдосконалення і уніфікації устаткування.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

1. Технологічна частина

1.1. Призначення і характеристика об'єкту проектування

Проектований холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55 т/добу у смт. Брусилів Житомирської обл. і призначається для довгочасного і короткочасного зберігання, а також планомірного постачання до роздрібної торгової мережі і підприємств громадського харчування продуктів в широкому асортименті.

Холодильник розміщується в межах обслуговуваного району на зручних автомобільних трасах, в зоні розміщення підприємств, виробляючих чи споживаючих дані продукти (м'ясокомбінат, молокозавод, їдальні, магазини). Передбачена єдина система енергопостачання (електростанції, котельні, водопостачання, каналізація), що знижує витрати на проектування, будівництво і експлуатаційні витрати.

Об'єм споживання визначений по нормам споживання основних видів швидкопсуючих продуктів харчування в кілограмах на одного мешканця в рік, відображає складений та перспективний місцевий об'єм споживання.

Розвиток холодильної техніки дозволяє відмовитися від морально застарілого обладнання та матеріалів з метою впровадження більш нового та економічно вигідного, здатного ефективно підтримувати задані температурні режими в камерах.

Холодильник спроектований як окрема будівля з урахуванням подальшого її розширення.

В якості охолоджуючих приладів використані батареї стельові та пристінні. Це дає змогу максимально відгородити камери від самих великих теплопритоків – через покриття камер, а також знижує усушку продукту в період зберігання. В компресорному цеху передбачається встановлення поршневих агрегатів.

При виборі конденсаторного обладнання був вибраний кожухотрубний конденсатор з оборотною системою водопостачання. Особливості: малі витрати води, (що не мало важливо в сучасних умовах) менші експлуатаційні та капітальні витрати.

Застосування компаундної насосно-циркуляційної системи подачі холодильного агента в прилади охолодження сприяє зменшенню аміакоємкості системи і відмови від проміжної посудини. При застосуванні насосно-циркуляційних схем пониження тиску в низькотемпературних установках не позначається на рівномірності розподілення холодильного агента по приладам охолодження, так як подача забезпечується циркуляційними насосами типу ЦНГ.

Температурний режим камер дозволяє зберігати як охолоджені так і заморожені вантажі.

Прийняті технічні рішення для холодопостачання камер холодильника не є новими, але випробувані та перевірені багаторічною практикою експлуатації таких холодильників.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	5	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.	Петренко В.П							

1.2. Технологія зберігання харчових продуктів

У вітчизняній і зарубіжній практиці накопичено чималий досвід зберігання замороженого м'яса, який дозволив намітити основні тенденції в розвитку цього напрямку. До них відноситься зниження температурного рівня зберігання замороженого м'яса до мінус 25 ... мінус 30 °С. Переваги низькотемпературного зберігання досліджені і підтверджені на практиці на ряді холодильників, як у нашій країні, так і в інших країнах. Однак збільшення витрат, пов'язане з посиленням теплоізоляції, підвищенням витрати електроенергії на вироблення холоду, зумовлює необхідність детального економічного обґрунтування доцільності подальшого зниження (до -35 ...- 40 °С) температури зберігання замороженого м'яса.

При заморожуванні м'яса створюються несприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Найбільш згубно діють температури в інтервалі від -6 до -12°С. При -20°С швидкість відмирання мікроорганізмів зменшується. Якщо заморожування проводиться дуже швидко і до низьких температур, то близько 10% клітин залишаються живими. Практичне значення має характер впливу заморожування на автолиз. У період заморожування першорядне значення має темп зниження температури. Діяльність ферментів різко сповільнюється, але не припиняється навіть при дуже низьких температурах. Ферменти, як і інші біологічно активні речовини, в замороженому стані можуть зберегтися багато місяців без помітної втрати активності.

Випаровування вологи із замороженого м'яса при зберіганні викликає не тільки потемніння м'яса, але і зменшення його маси. У поверхневому шарі м'яса відбувається сублімаційні випаровування, внаслідок чого на поверхні туш утворюється безліч пор, заповнених повітрям. У цьому шарі протікають окислювальні, незворотні процеси, а також адсорбуються сторонні запахи. Вміст вологи в цьому шарі значно нижче, і після варіння він залишається сухуватим, жорстким, смак і аромат його погіршуються. Втрати маси мороженого м'яса залежать від ряду факторів. Вони зменшуються при збільшенні ступеня завантаження камер, щільності укладки м'яса і розмірів штабелів, при поліпшенні теплоізоляції камер. Для зниження усушки застосовують екранування пристінних батарей крижаний стінкою, засипання снігу на поверхню штабеля, глазурування поверхні туш, упаковку м'яса в картонну тару або паронепроникні плівкові матеріали.

Морожене м'ясо, що пройшло холодильну обробку однофазним і двофазним способом, закладається на зберігання, якщо температура в товщі стегна не вище - 8 °С, а на поверхні близька до температури камери схову. Тривалість зберігання м'яса залежить від його виду, температури і наявності упаковки. Заморожене м'ясо, сортують за видами і вгодованістю, зберігають у щільно сформованих штабелях на підлогових решітках або в стоїчних піддонах, які встановлюють в 2...4 яруси за допомогою електронавантажувача. Завантаження 1 куб. м. вантажного об'єму камери зберігання замороженим м'ясом для яловичини в чвертинах 400 кг, в напівтушах - 300 кг, для свинини в напівтушах - 450 кг, для баранини - 300 кг. Втрати маси (усушка) при зберіганні мороженого м'яса залежать від вгодованості сировини, поверховості та ємності холодильників, географічної зони та пори року; вони складають 0,05 ... 0,3% за один місяць. Для

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

зниження втрат м'ясо пакують у поліетиленові та інші матеріали. У цьому випадку усушка скорочується в 5 ... 8 разів. Температура повітря в камері схову замороженого м'яса становить для короткострокового зберігання не вище -12 °С, для тривалого - не вище -18 °С. Відносна вологість в камері підтримується на рівні 95 ... 98%, при помірній циркуляції повітря зі швидкістю не вище 0,2 ... 0,3 м/с. Терміни зберігання мороженого м'яса становлять при температурі -12 °С - 2...8 міс.; при -18 °С - 4.. 12 міс .; при -25 °С - 8 ... 12 міс. Коливання температури повітря в камері в процесі зберігання не повинно перевищувати 2 °С. Тривалість зберігання мороженої птиці допускається до 22 діб.

Підмороженим м'ясом називають м'ясо, піддане частковому заморожуванню - заморожується поверхневий шар, що не перевищує 25% від маси туші або напівтуші. Підморожене м'ясо займає проміжне положення: воно більш стійке при зберіганні, чим охолоджене, і менш змінюється під час термічної обробки в порівнянні з морозивом м'ясом.

Окрім м'яса, в універсальному холодильнику можуть зберігатись також продукти, як тваринного так і рослинного походження.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

2. Розрахункова частина

2.1. Об'ємно-планувальне рішення холодильника

2.1.1. Вибір структури

Холодильна місткість:

$$G_{\text{хол}} = G_{\text{т.доб}} \cdot t_{\text{зб}} = 55 \cdot 22 = 1250 \text{ т}$$

Холодильник місткістю 1250т складається з 3х камер зберігання мороженої птиці, 1 універсальної камери, 2х камер термообробки, 2 камери зберігання морожених вантажів

Камера №1

- Камера зберігання мороженої птиці: $G_1 = 250\text{т}$.

Камера №2

- Камера зберігання мороженої птиці: $G_2 = 250\text{т}$.

Камера №3

- Камера зберігання мороженої птиці: $G_3 = 250\text{т}$.

Камера №4

- Універсальна камера зберігання : $G_4 = 200\text{т}$.

Камера №5

- Морозильна камера: $G_5 = 8 \frac{\text{т}}{\text{добу}}$.

Камера №6

- Морозильна камера: $G_6 = 8 \frac{\text{т}}{\text{добу}}$.

Камера №7

- Камера заморожування і зберігання фасованої птиці: $G_7 = 100\text{т}$.

Камера №8

- Камера зберігання морожених вантажів: $G_8 = 200\text{т}$.

Крок колон в одноетажному холодильнику загальною місткістю 1250т. 6×6 метрів. Для холодильників такого типу передбачується одна автомобільна платформа шириною 7,5 метрів і висотою над поверхнею ровантажувально-завантажувальної площадки 1,2 м. Висота платформи 1,2 м. Ширина коридору приймається 6 метрів. Та залізничну платформу шириною 7,5 м з закритим дебаркадером над платформою і залізничними шляхами загальною шириною 12м.

Висота камери [Л.1 Табл. 7.5]:

$$h_{\text{кам.}} = 6\text{м.}$$

Максимальна вантажна висота камери [Л.1 Табл. 7.5]:

$$h_{\text{вант.}} = 5,5\text{м.}$$

Питомі навантаження від продуктів при зберіганні [Л.1 Додаток 11]:

- Камери зберігання мороженої птиці: $q_{\text{збер.}} = 400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$
- Універсальні камери зберігання: $q_{\text{ун.}} = 350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$
- Камери зберігання мороженого фасованої птиці: $q_{\text{збер.}} = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ЛП	8	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.	Петренко В.П							

- Тривалість процесу заморожування: $\tau_{\text{зам.}} = 24 \text{ год.}$
- Норма завантаження при заморожуванні: $q_v = 250 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$
- Розрахункова температура по місту Житомир: $t_{\text{л.}} = 32^\circ\text{C}$

2.1.2. Визначаємо ємкості Камери №1-3

Розрахункова вантажна площа камер:

$$F_{\text{вант1.}} = \frac{G_1}{q_{\text{збер.}} \cdot h_{\text{вант.}}} = F_{\text{вант1.}} = \frac{250}{400 \cdot 5.5} = 113,6 \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

$$F_{\text{вант2.}} = F_{\text{вант1.}}$$

$$F_{\text{вант3.}} = F_{\text{вант1.}}$$

Прийнята будівельна площа камер:

$$F_{\text{буд1.}} = 6 \cdot 6 \text{ м.} \cdot 6 \text{ м.} = 216 \text{ м}^2 \quad (2.2)$$

$$F_{\text{буд2.}} = F_{\text{буд1.}}$$

$$F_{\text{буд3.}} = F_{\text{буд1.}}$$

Коефіцієнт застосування будівельної площі камери [Л.1 Ст. 39]:

$$\beta_{\text{буд.}} = 0,8$$

Вантажна площа камер:

$$F_{\text{ван1.}} = F_{\text{буд1.}} \cdot \beta_{\text{буд.}} = 216 \cdot 0.8 = 172,8 \quad (2.3)$$

$$F_{\text{ван1.}} = 172,8 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ван2.}} = F_{\text{ван1.}}$$

$$F_{\text{ван3.}} = F_{\text{ван1.}}$$

Вантажна висота:

$$h_{\text{вант1.}} = \frac{G_1}{q_{\text{збер.}} \cdot F_{\text{вант1.}}} = \frac{250}{400 \cdot 172,8} = 3,62 \quad (2.4)$$

$$h_{\text{вант1.}} = 3,62 \text{ м}$$

$$h_{\text{вант2.}} = h_{\text{вант1.}}$$

$$h_{\text{вант3.}} = h_{\text{вант1.}}$$

Камера №4

Розрахункова вантажна площа камери:

$$F_{\text{вант4.}} = \frac{G_4}{q_{\text{ун.}} \cdot h_{\text{вант.}}} = \frac{200}{350 \cdot 5,5} = 103,896 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

$$F_{\text{вант4.}} = 103,896 \text{ м}^2$$

Прийнята будівельна площа камери:

$$F_{\text{буд4.}} = 4 \cdot 6 \text{ м.} \cdot 6 \text{ м.} = 144 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Коефіцієнт використання будівельної площі камери [Л.1 Ст. 39]:

$$\beta_{\text{буд.}} = 0,8$$

Вантажна площа камери:

$$F_{\text{ван4.}} = F_{\text{буд4.}} \cdot \beta_{\text{буд.}} = 144 \cdot 0,8 = 115,2 \text{ м}^2 \quad (2.7)$$

Вантажна висота:

$$h_{\text{вант4.}} = \frac{G_4}{q_{\text{ун.}} \cdot F_{\text{вант4.}}} = \frac{200}{350 \cdot 115,2} = 4,96 \text{ м} \quad (2.8)$$

Камера №5 –6

Розрахункова вантажна площа камер:

$$F_{\text{вант5.}} = \frac{G_5 \cdot \tau_{\text{зам}}}{q_f} = \frac{8 \cdot 24}{3} = 32 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

$$F_{\text{вант6.}} = F_{\text{вант5.}}$$

Прийнята будівельна площа камери:

$$F_{\text{буд5.}} = 6 \text{ м} \cdot 6 \text{ м} = 36 \text{ м}^2 \quad (2.10)$$

$$F_{\text{буд6.}} = F_{\text{буд5.}}$$

Камера №7

Розрахункова вантажна площа камери:

$$F_{\text{вант7.}} = \frac{G_7}{q_{\text{ф.м.}} \cdot h_{\text{вант.}}} = \frac{100}{0,6 \cdot 5,5} = 30,3 \text{ м}^2 \quad (2.11)$$

Прийнята будівельна площа камери:

$$F_{\text{буд7.}} = 8 \text{ м} \cdot 6 \text{ м} = 48 \text{ м}^2 \quad (2.12)$$

Коефіцієнт використання будівельної площі камери [Л.1 Ст. 39]:

$$\beta_{\text{буд.}} = 0,7$$

Вантажна площа камери:

$$F_{\text{вант7.}} = F_{\text{буд7.}} \cdot \beta_{\text{буд.}} = 48 \cdot 0,7 = 33,6 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

Вантажна висота:

$$h_{\text{вант7.}} = \frac{G_7}{q_{\text{ф.м.}} \cdot F_{\text{вант7.}}} = \frac{100}{0,6 \cdot 33,6} = 4,96 \text{ м} \quad (2.14)$$

Камера №8

Розрахункова вантажна площа камери:

$$F_{\text{вант8.}} = \frac{G_8}{q_{\text{ф.м.}} \cdot h_{\text{вант.}}} = \frac{200}{0,6 \cdot 5,5} = 60,6 \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

Прийнята будівельна площа камери:

$$F_{\text{буд8.}} = 2 \cdot 6 \text{ м} \cdot 6 \text{ м} = 72 \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

Коефіцієнт використання будівельної площі камери [Л.1 Ст. 39]:

$$\beta_{\text{буд.}} = 0,75$$

Вантажна площа камери:

$$F_{\text{вант8.}} = F_{\text{буд8.}} \cdot \beta_{\text{буд.}} = 72 \cdot 0,75 = 54 \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

Вантажна висота:

$$h_{\text{вант8.}} = \frac{G_8}{q_{\text{ф.м.}} \cdot F_{\text{вант8.}}} = \frac{200}{0,6 \cdot 54} = 6,172 \text{ м} \quad (2.18)$$

$$\text{Загальна площа холодильника: } \Sigma F = 785,2 \text{ м}^2$$

2.1.3. Складання плану охолоджувального приміщення

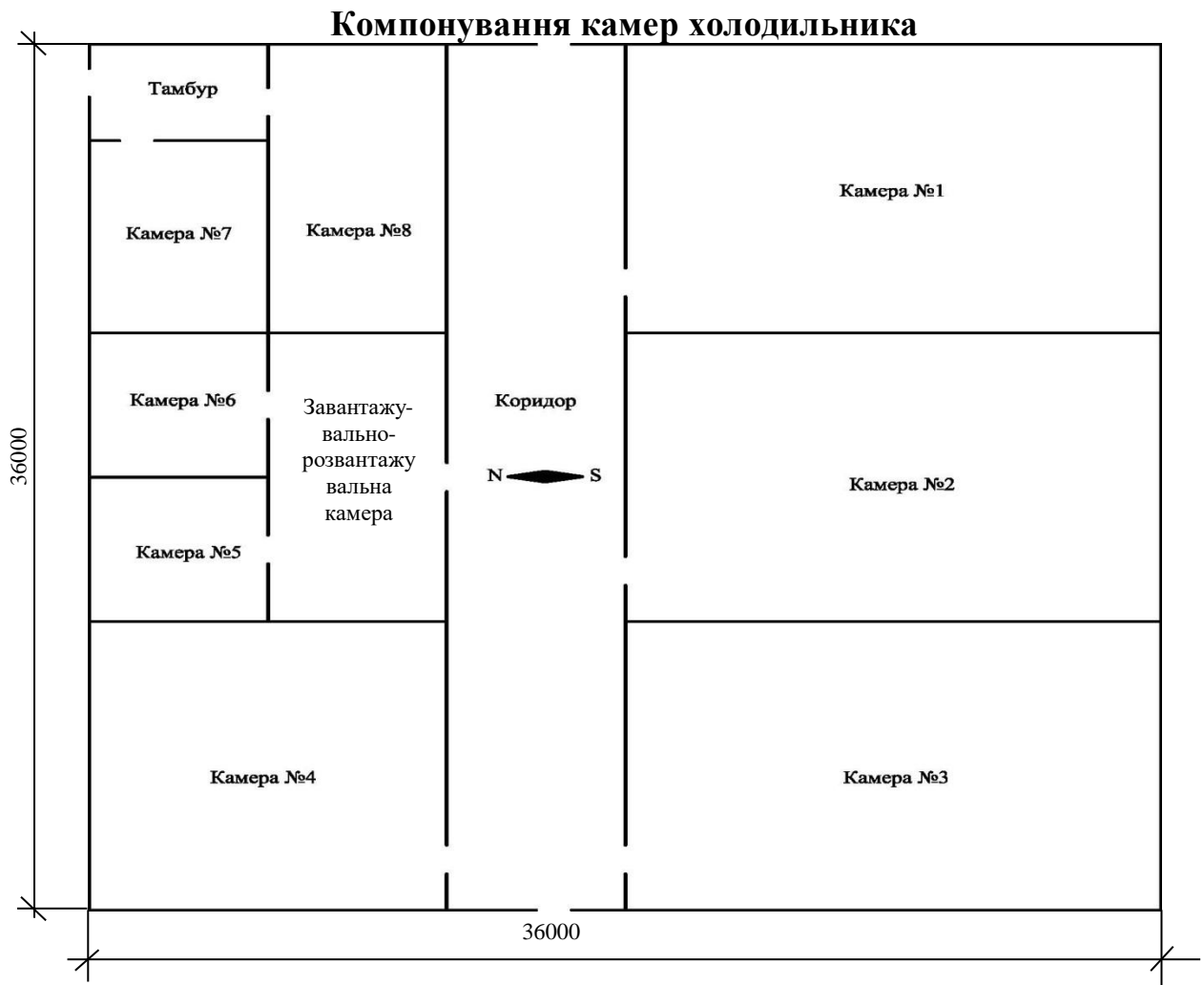


Рисунок 2.1. Компонування камер холодильника

2.2. Призначення, вибір та розрахунок ізоляційного шару холодильника

Розрахункові параметри зовнішнього повітря по м.Житомир:

Розрахункова літня температура повітря: $t_{л.} = 32^{\circ}\text{C}$

Розрахункова літня вологість повітря: $\phi_{л.} = 55\%$

Розрахункова зимова температура повітря: $t_{з.} = -18^{\circ}\text{C}$

Розрахункова зимова вологість повітря: $\phi_{з.} = 81\%$

При визначенні теплопритоків через перегородки, які відокремлюють камери від не охолоджуваних приміщень, приймаємо розрахункову різницю температур рівною 70% від розрахункової різниці температур для зовнішніх стін, якщо приміщення поєднується з зовнішнім повітрям і рівною 60%, якщо не поєднується.

Розрахункові параметри повітря в камерах холодильника.

Температура и вологість повітря в камері зберігання морожених вантажів:

$t_{зб.} = -20^{\circ}\text{C}$ $\phi_{зб.} = 95\%$

Температура и вологість повітря в універсальній камері:

$t_{ун.} = (0 \dots -20)^{\circ}\text{C}$ $\phi_{ун.} = 85\%$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі :

Зовнішні поверхні стін та покриття без горища: $\alpha_{\text{зовн.}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Внутрішні поверхні приміщень без примусової циркуляції повітря (при батарейному охолодженні камер):

- стіни: $\alpha_{\text{ст.б.}} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

- підлога та стеля: $\alpha_{\text{п.б.}} = 7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Внутрішні поверхні приміщень з помірною циркуляцією повітря (зберігання охолодженого вантажу)

$$\alpha_{\text{пом.}} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Внутрішні поверхні приміщень з інтенсивною циркуляцією повітря (камери охолодження і заморожування):

$$\alpha_{\text{ін.}} = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх стін та покриття :

- зовнішніх стін камер: $K_{\text{зовн.}} = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

- покриття без горищ : $K_{\text{б.п.}} = 0,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

- підлога (з підігрівом ґрунта): $K_{\text{підл.}} = 0,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопередачі для перегородок між охолоджуваними приміщеннями [Л.1 Табл. 8.4] надані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Значення коефіцієнтів теплопередачі для перегородок

Більш холодне Більш тепле приміщення приміщення	-30	-20	-10	-4	4	12	8	№кам.
-30	0,58	-	-	-	-	-	-	1
-20	0,5	0,58	-	-	-	-	-	2
-10	0,37	0,41	0,58	-	-	-	-	3
-4	0,28	0,33	0,41	0,58	-	-	-	4
4	0,24	0,26	0,3	0,47	0,58	-	-	5
12	0,21	0,22	0,26	0,41	0,52	0,58	-	6
8	0,2	0,21	0,23	0,35	0,47	0,52	0,58	7
№ кам.		1	2	3	4	5	6	

Конструкція та теплофізичні властивості будівельних шарів

Зовнішні стіни $\delta_{\text{зовн.}} = (20; 4; 20; 380; 20;) \text{ мм}$
 $\lambda_{\text{зовн.}} = (0,98; 0,3; 0,93; 0,81; 0,93;) \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Покриття без горищ: $\delta_{\text{б.п.}} = (12; 40; 2; 350; 300;) \text{ мм}$
 $\lambda_{\text{зовн.}} = (0,3; 1,86; 0,15; 0,25; 2,04;) \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Підлога (з підігрівом ґрунта) $\delta_{\text{підлога.}} = (40; 80; 1; 30; 1000;) \text{ мм}$
 $\lambda_{\text{підлога.}} = (1,86; 1,86; 0,15; 0,98; 0,58;) \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Внутрішні стіни $\delta_{\text{вн.}} = (20; 4; 20; 250; 20;) \text{ мм}$
 $\lambda_{\text{вн.}} = (0,98; 0,3; 0,93; 0,81; 0,98;) \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$

Коефіцієнт теплопровідності ізоляції, застосованої в конструкції огорожень:

$$\lambda_{\text{із.зн.}} = 0,45 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Конструкція зовнішніх стін на рисунку 2.2.

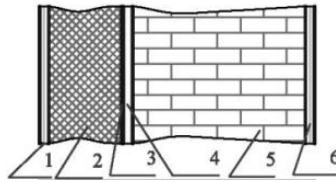


Рисунок 2.2. Зовнішня стінка

1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці;
2. Теплоізоляція – пінопласт полістирольний марки ПСБ-С;
3. Пароізоляція – 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці ;
4. Штукатурка цементно-пісочна ;
5. Кладка кирпична;
6. Штукатурка складним розчином по металевій сітці.

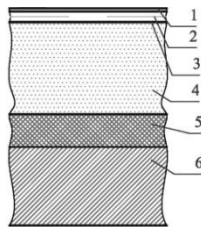


Рисунок 2.3. Покриття охолоджуючих приміщень

1. 5 шарів гідроізолу на бітумній мастиці;
2. Стяжка з бетону по металевій сітці;
3. Пароізоляція – 1 шар пергаміну;
4. Засипна ізоляція – керамзитовий гравій;
5. Плиточна теплоізоляція - пінопласт полістирольний марки ППУ
6. Залізобетонна плита покриття.

Обігрів ґрунта здійснюється за допомогою електроенергії . Сталеві стержні закладають в бетонну стяжку на відстані приблизно 0.5 ... 0,8 м один від іншого. Після укладання стержні з'єднують з допомогою зварки в суцільний електричний ланцюг. Стержні розташовуються по всій площі холодного контуру.

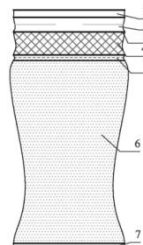


Рисунок 2.4. Підлога охолоджуючих приміщень

1. Бетонне покриття з важкого бетону;
2. Армобетонна стяжка;
3. Пароізоляція – 1 шар пергаміну;

4. Плиточна теплоізоляція - пінопласт полістирольний марки ППУ
5. Цементно-пісочний розчин;
6. Ущільнюючий пісок;
7. Бетонна підготовка з електропідігрівачами.
8. Грунт

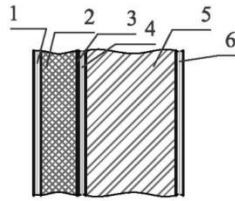


Рисунок 2.5 Внутрішня перегородка

1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці;
2. Теплоізоляція – пінопласт полістирольний марки ППУ
3. Пароізоляція – 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці;
4. Штукатурка цементно-пісочна;
5. Кладка кирпична;
6. Штукатурка складним розчином по металевій сітці.

Визначення товщини шару ізоляції здійснюється за формулою [Л.1,ф.9]

Зовнішні стіни:

$$\delta_{із.зн.} = \left[\frac{1}{0,235} - \left(\frac{1}{23} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{зн.1,М}}{\lambda_{зн.1,М}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}} \right) \right] \cdot 0,45 = 164,131 \text{ мм} \quad (2.19)$$

Покриття без горищ:

$$\delta_{із.б.п.} = \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{23} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{б.п.1,М}}{\lambda_{б.п.1,М}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}} \right) \right] \cdot 0,45 = 124,604 \text{ мм} \quad (2.20)$$

Підлога з підігрівом ґрунта:

$$\delta_{із.підлоги.} = \left[\frac{1}{0,21} - \left(\sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{підлоги.1,М}}{\lambda_{підлоги.1,М}} \right) \right] \cdot 0,45 = 127,119 \text{ мм} \quad (2.21)$$

Внутрішні стіни:

$$\delta_{із.вн.} = \left[\frac{1}{K_{пер.}} - \left(\frac{1}{\alpha_{ум.}} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{вн.1,М}}{\lambda_{вн.1,М}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}} \right) \right] \cdot 0,45 = 133,420 \text{ мм} \quad (2.22)$$

Внутрішні стіни при однаковій температурі в камерах:

$$\delta_{із.вн.р.} = \left[\frac{1}{K_{пер.4,4}} - \left(\frac{1}{\alpha_{ум.}} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{вн.1,М}}{\lambda_{вн.1,М}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}} \right) \right] \cdot 0,45 = 50,292 \text{ мм} \quad (2.23)$$

Вибір стандартної товщини ізоляції.

Зовнішні стіни:

$$\delta_{іззн.} = 160 \text{ мм}$$

Покриття без горищ:

$$\delta_{із.б.п.} = 125 \text{ мм}$$

Підлога з підігрівом на ґрунті:

$$\delta_{із.підлоги.} = 125 \text{ мм}$$

Внутрішні стіни:

$$\delta_{із.вн.} = 125 \text{ мм}$$

Внутрішні стіни про однаковій температурі в камерах:

$$\delta_{із.вн.р.} = 50 \text{ мм}$$

Перерахунок коефіцієнтів теплопередачі.

Зовнішні стіни:

$$K_{зн.} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зн.}} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{зн.1,М}}{\lambda_{зн.1,М}} + \frac{\delta_{із.зн.}}{\lambda_{із.зн.}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}} \right)} = 0,235 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \quad (2.24)$$

						00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			14

Покриття без горищ:

$$K_{б.п.} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зн}} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{б.п.1,М} + \delta_{із.б.п.} + 1}{\lambda_{б.п.1,М}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}}\right)} = 0,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \quad (2.25)$$

Підлога з підігрівом на ґрунті:

$$K_{підлоги} = \frac{1}{\left(\sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{вн.1,М}}{\lambda_{вн.1,М}} + \frac{\delta_{із.підлоги} + 1}{\lambda_{із.зн.}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}}\right)} = 0,306 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Внутрішні стіни:

$$K_{вн.} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{ум.}} + \sum_{M=1}^5 \frac{\delta_{вн.1,М} + \delta_{із.вн.} + 1}{\lambda_{вн.1,М}} + \frac{1}{\alpha_{ум.}}\right)} = 0,295 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

Загальна товщина перекриттів:

Зовнішні стіни:

$$\sum \delta_{зн.} = \sum_{M=1}^5 \delta_{зн.1,М} + \delta_{із.зн.} = 604 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Покриття без горищ:

$$\sum \delta_{б.п.} = \sum_{M=1}^5 \delta_{б.п.1,М} + \delta_{із.б.п.} = 829 \text{ мм}$$

Внутрішні стіни:

$$\sum \delta_{вн.} = \sum_{M=1}^5 \delta_{вн.1,М} + \delta_{із.вн.} = 439 \text{ мм}$$

2.3. Розрахунок теплового навантаження

Розрахунок теплопритоків в охолоджуючому приміщенні

Камера №1

Камери зберігання заморожених продуктів.

Температурний режим в камері:

$$t_{\text{кам.}} = -20^{\circ}\text{C}$$

Ємкість камери:

$$G_{\text{кам.}} = 250 \text{ т}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = \frac{6\%}{\text{доб.}} \cdot G_{\text{кам.}} = 15 \frac{\text{т}}{\text{доб.}} \quad (2.31)$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^{\circ}\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = -20^{\circ}\text{C}$$

Потужність встановлених електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 0 \text{ кВт}$$

Кількість працюючих людей:

$$n_{\text{л.}} = 4$$

Габаритні розміри камери.

Західна стінка:

$$a_{\text{зах.}} = 12000 \text{ мм} + \sum \delta_{зн.} = 12604 \text{ мм}$$

Східна стінка:

$$a_{\text{сх.}} = 12000 \text{ мм}$$

Північна стінка:

$$b_{\text{пн.}} = 12000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{зн.} = 12302 \text{ мм}$$

Південна стінка:

$$b_{\text{пд.}} = 12000 \text{ мм}$$

Висота камери:

$$H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{б.п.} = 6829 \text{ мм}$$

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

Площа західної стінки:

$$F_{\text{зх.}} = a_{\text{зх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 86,07 \text{ м}^2 \quad (2.35)$$

Площа східної стінки:

$$F_{\text{сх.}} = a_{\text{сх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2$$

Площа північної стінки:

$$F_{\text{пн.}} = b_{\text{пн.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 84,01 \text{ м}^2$$

Площа південної стінки:

$$F_{\text{пд.}} = b_{\text{пд.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Площа підлоги:

$$F_{\text{підлоги}} = a_{\text{зх}} \cdot b_{\text{пн}} = 155,054 \text{ м}^2$$

Площа стелі:

$$F_{\text{стелі}} = a_{\text{зх}} \cdot b_{\text{пн}} = 155,054 \text{ м}^2$$

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1) знаходиться за формулою

Різниця температур для зовнішніх стін і стелі:

$$\Theta_{\text{зн.}} = t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}} = 52^\circ\text{C} \quad (2.41)$$

Для підлоги:

$$\Theta_{\text{п.}} = 1 \cdot C - t_{\text{кам.}} = 21^\circ\text{C} \quad (2.42)$$

Для внутрішніх стін:

$$\Theta_{\text{вн.}} = (t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}}) \cdot 70\% \Theta_{\text{зн.}} = 36,4\text{C} \quad (2.43)$$

Надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів, без
горищ

Покрашених в світлі відтінки: $\Delta t_{\text{б.с.}} = 15^\circ\text{C}$

Теплоприток від північної стінки:

$$Q_{\text{пн.}} = F_{\text{пн.}} \cdot k_{\text{зн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 1026,602 \text{ Вт} \quad (2.44)$$

Південної стінки:

$$Q_{\text{пд.}} = F_{\text{пд.}} \cdot k_{\text{вн.}} \cdot \Theta_{\text{вн.}} = 879,958 \text{ Вт}$$

Західної стінки:

$$Q_{\text{зх.}} = F_{\text{зх.}} \cdot k_{\text{зн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 736,243 \text{ Вт}$$

Підлоги:

$$Q_{\text{п.}} = F_{\text{п.}} \cdot k_{\text{п.}} \cdot \Theta_{\text{п.}} = 996,377 \text{ Вт}$$

Стелі:

$$Q_{\text{ст.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 1773,8 \text{ Вт}$$

Сонячної радіації:

$$Q_{\text{с.р.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Delta t_{\text{б.с.}} = 511,678 \text{ Вт}$$

Теплопритоки від огорожуючих конструкцій:

$$Q_1 = Q_{\text{пн.}} + Q_{\text{пд.}} + Q_{\text{зх.}} + Q_{\text{п.}} + Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{с.р.}} = 5924,658 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2) знаходиться за формулою

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = 55 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^\circ\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = -20^\circ\text{C}$$

Ентальпія продукту, який поступив на зберігання:

$$h_{\text{нач.}} = 37,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія продукту при температурі закінчення обробки:

$$h_{\text{кін.}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Теплоприток від продукту в процесі обробки:

$$Q_2 = M_{\text{доб.}} \cdot (h_{\text{нач.}} - h_{\text{кін.}}) = 559,5 \text{ Вт} \quad (2.51)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q_4) складаються з теплопритоків освітлення

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{\text{підлоги}} = 0,356 \text{ кВт} \quad (2.52)$$

Теплопритоки від перебування людей: $n_{\text{л.}} = 4$

$$q_2 = 350 \text{ Вт} \cdot n_{\text{л.}} = 1400 \text{ кВт} \quad (2.53)$$

Теплоприток від працюючих електродвигунів: $N_{\text{ел.дв.}} = 0 \text{ кВт}$ $a_{\text{заван.}} = 0,6$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \cdot a_{\text{заван.}} = 0 \text{ кВт} \quad (2.54)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{\text{дв}} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{підлоги.}} = 1,860 \text{ кВт} \quad (2.55)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 3616 \text{ Вт} \quad (2.56)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_1 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 10100,157 \text{ Вт} \quad (2.57)$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{1\text{км}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 8789,757 \text{ Вт} \quad (2.58)$$

Камера №2

Камери зберігання заморожених продуктів.

Температурний режим в камері:

$$t_{\text{кам.}} = -20^\circ\text{C}$$

Ємкість камери:

$$G_{\text{кам.}} = 250 \text{ т}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = \frac{6\%}{\text{доб.}} \cdot G_{\text{кам.}} = 15 \frac{\text{т}}{\text{доб.}} \quad (2.59)$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^\circ\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = -20^\circ\text{C}$$

Потужність встановлених електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 0 \text{ кВт}$$

Кількість працюючих людей:

$$n_{\text{л.}} = 4$$

Заміри камери.

Західна стінка: $a_{\text{зах.}} = 12000 \text{ мм}$

Східна стінка: $a_{\text{сх.}} = 12000 \text{ мм}$

Північна стінка: $b_{\text{пн.}} = 12000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} = 12302 \text{ мм} \quad (2.60)$

Південна стінка: $b_{\text{пд.}} = 12000 \text{ мм}$

Висота камери: $H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{\text{б.п.}} = 6829 \text{ мм} \quad (2.61)$

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

Площа західної стінки:

$$F_{\text{зх.}} = a_{\text{зх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2 \quad (2.62)$$

Площа східної стінки:

$$F_{\text{сх.}} = a_{\text{сх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2$$

Площа північної стінки:

$$F_{\text{пн.}} = b_{\text{пн.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 84,01 \text{ м}^2$$

Площа південної стінки:

$$F_{\text{пд.}} = b_{\text{пд.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2$$

Площа підлоги:

$$F_{\text{підлоги.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 147,624 \text{ м}^2$$

Площа стелі:

$$F_{\text{стелі.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 147,624 \text{ м}^2$$

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

Різниця температур для зовнішніх стін і стелі:

$$\Theta_{\text{зн.}} = t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}} = 52^\circ\text{C} \quad (2.68)$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Для підлоги:

$$\Theta_{п.} = 1.C - t_{кам} = 21^{\circ}C \quad (2.69)$$

Для внутрішніх стін:

$$\Theta_{вн.} = (t_{л.} - t_{кам.}) \cdot 70\% = 36,4C \quad (2.70)$$

Надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів, без
горищ, покрашених в світлі відтінки: $\Delta t_{б.с.} = 15^{\circ}C$

Теплоприток від північної стінки:

$$Q_{пн.} = F_{пн.} \cdot k_{зн.} \cdot \Theta_{зн.} = 1026,602 \text{ Вт} \quad (2.71)$$

Південної стінки:

$$Q_{пд.} = F_{пд.} \cdot k_{вн.} \cdot \Theta_{вн.} = 879,958 \text{ Вт} \quad (2.72)$$

Підлоги:

$$Q_{п.} = F_{п.} \cdot k_{п.} \cdot \Theta_{п.} = 948,6 \text{ Вт} \quad (2.73)$$

Стелі:

$$Q_{ст.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Theta_{зн.} = 1688,8 \text{ Вт} \quad (2.74)$$

Сонячної радіації:

$$Q_{с.р.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Delta t_{б.с.} = 487,159 \text{ Вт} \quad (2.75)$$

Теплопритоки від огорожуючих конструкцій:

$$Q_1 = Q_{пн.} + Q_{пд.} + Q_{п.} + Q_{ст.} + Q_{с.р.} = 5031,2 \text{ Вт} \quad (2.76)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q₄).

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{підлоги.} = 0,340 \text{ кВт} \quad (2.77)$$

Теплопритоки від перебування людей: $n_{л.} = 4$

$$q_2 = 350 \text{ Вт} \cdot n_{л.} = 1,400 \text{ кВт} \quad (2.78)$$

Теплоприток від працюючих електродвигунів: $N_{ел.дв.} = 0 \text{ кВт}$ $a_{заван.} = 0,6$

$$q_3 = N_{ел.дв.} \cdot a_{заван.} = 0 \text{ кВт} \quad (2.79)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{дв} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{дв} \cdot F_{підлоги.} = 1,771 \text{ кВт} \quad (2.80)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 3511 \text{ Вт} \quad (2.81)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_2 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 9101,7 \text{ Вт} \quad (2.82)$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{2км} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 7824,6 \text{ Вт} \quad (2.83)$$

Камера №3

Камери зберігання заморожених продуктів.

Температурний режим в камері:

$$t_{кам.} = -20^{\circ}C$$

Ємкість камери:

$$G_{кам.} = 250 \text{ Т}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{доб.} = \frac{6\%}{\text{доб.}} \cdot G_{кам.} = 15 \frac{\text{Т}}{\text{доб.}} \quad (2.84)$$

Температура надходження:

$$t_{поч.} = -8^{\circ}C$$

Температура випуску:

$$t_{кін.} = -20^{\circ}C$$

Потужність встановлених електродвигунів: $N_{ел.дв.} = 0 \text{ кВт}$

Кількість працюючих людей:

$$n_{л.} = 4$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Заміри камери.

$$\begin{aligned} \text{Західна стінка:} & a_{\text{зах.}} = 12000 \text{ мм} \\ \text{Східна стінка:} & a_{\text{сх.}} = 12000 \text{ мм} + \sum \delta_{\text{зн.}} = 12604 \text{ мм} \quad (2.85) \\ \text{Північна стінка:} & b_{\text{пн.}} = 12000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} = 12302 \text{ мм} \quad (2.86) \\ \text{Південна стінка:} & b_{\text{пд.}} = 12000 \text{ мм} \quad (2.87) \\ \text{Висота камери:} & H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{\text{б.п.}} = 6829 \text{ мм} \quad (2.88) \end{aligned}$$

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

$$\begin{aligned} \text{Площа західної стінки:} \\ F_{\text{зх.}} = a_{\text{зх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2 \quad (2.89) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Площа східної стінки:} \\ F_{\text{сх.}} = a_{\text{сх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 86,073 \text{ м}^2 \quad (2.90) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Площа північної стінки:} \\ F_{\text{пн.}} = b_{\text{пн.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 84,01 \text{ м}^2 \quad (2.91) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Площа південної стінки:} \\ F_{\text{пд.}} = b_{\text{пд.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2 \quad (2.92) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Площа підлоги:} \\ F_{\text{підлоги.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 147,624 \text{ м}^2 \quad (2.93) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Площа стелі:} \\ F_{\text{стелі.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 147,624 \text{ м}^2 \quad (2.94) \end{aligned}$$

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

$$\begin{aligned} \text{Різниця температур для зовнішніх стін і стелі:} \\ \Theta_{\text{зн.}} = t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}} = 52^\circ \text{C} \quad (2.95) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Для підлоги:} \\ \Theta_{\text{п.}} = 1 \cdot C - t_{\text{кам.}} = 21^\circ \text{C} \quad (2.96) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Для внутрішніх стін:} \\ \Theta_{\text{вн.}} = (t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}}) \cdot 70\% = 36,4 \text{ C} \quad (2.97) \end{aligned}$$

Надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів, без
горищ, покращених в світлі відтінки: $\Delta t_{\text{б.с.}} = 15^\circ \text{C}$

$$\begin{aligned} \text{Теплоприток від північної стінки:} \\ Q_{\text{пн.}} = F_{\text{пн.}} \cdot k_{\text{зн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 1026,602 \text{ Вт} \quad (2.98) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Південної стінки:} \\ Q_{\text{пд.}} = F_{\text{пд.}} \cdot k_{\text{вн.}} \cdot \Theta_{\text{вн.}} = 1585,19 \text{ Вт} \quad (2.99) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Східної стінки:} \\ Q_{\text{сх.}} = F_{\text{сх.}} \cdot k_{\text{зн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 1051,81 \text{ Вт} \quad (2.100) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Підлоги:} \\ Q_{\text{п.}} = F_{\text{п.}} \cdot k_{\text{п.}} \cdot \Theta_{\text{п.}} = 948,6 \text{ Вт} \quad (2.101) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Стелі:} \\ Q_{\text{ст.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 1688,8 \text{ Вт} \quad (2.102) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Сонячної радіації:} \\ Q_{\text{с.р.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Delta t_{\text{б.с.}} = 487,159 \text{ Вт} \quad (2.103) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Теплопритоки від огорожуючих конструкцій:} \\ Q_1 = Q_{\text{пн.}} + Q_{\text{пд.}} + Q_{\text{п.}} + Q_{\text{сх.}} + Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{с.р.}} = 6788,16 \text{ Вт} \quad (2.104) \end{aligned}$$

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2).

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = 15 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^{\circ}\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = -20^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія продукту, який поступив на зберігання:

$$h_{\text{нач.}} = 37,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$$

Ентальпія продукту при температурі закінчення обробки:

$$h_{\text{кін.}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$$

Теплоприток від продукту в процесі обробки:

$$Q_2 = M_{\text{доб.}} \cdot (h_{\text{нач.}} - h_{\text{кін.}}) = 559,5 \text{ Вт} \quad (2.105)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q_4).

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{\text{підлоги.}} = 0,339 \text{ кВт} \quad (2.106)$$

Теплоприток від перебування людей: $n_{\text{л.}} = 4$

$$q_2 = 350 \text{ Вт. } n_{\text{л.}} = 1,400 \text{ кВт} \quad (2.107)$$

Теплоприток від працюючих електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 0 \text{ кВт } a_{\text{заван.}} = 0,6$$

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \cdot a_{\text{заван.}} = 0 \text{ кВт} \quad (2.108)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{\text{дв.}} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{\text{дв.}} \cdot F_{\text{підлоги.}} = 1,771 \text{ кВт} \quad (2.109)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 3510 \text{ Вт} \quad (2.110)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_3 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 14974,854 \text{ Вт} \quad (2.111)$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{3\text{км}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 9581 \text{ Вт} \quad (2.112)$$

Камера №4

Універсальна.

Температурний режим в камері:

$$t_{\text{кам.}} = (0 \dots -20)^{\circ}\text{C}$$

Ємкість камери:

$$G_{\text{кам.}} = 200 \text{ т}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = \frac{8\%}{\text{доб.}} \cdot G_{\text{кам.}} = 10 \frac{\text{т}}{\text{доб.}} \quad (2.113)$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = (12 \dots -8)^{\circ}\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = (0 \dots -20)^{\circ}\text{C}$$

Потужність встановлених електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = (3 \dots 0) \text{ кВт}$$

Кількість працюючих людей:

$$n_{\text{л.}} = 3$$

Заміри камери.

Західна стінка: $a_{\text{зах.}} = 12000 \text{ мм}$

Східна стінка: $a_{\text{сх.}} = 12000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} = 12302 \text{ мм} \quad (2.114)$

Північна стінка: $b_{\text{пн.}} = 12000 \text{ мм}$

Південна стінка: $b_{\text{пд.}} = 12000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} = 12302 \text{ мм} \quad (2.115)$

Висота камери: $H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{\text{б.п.}} = 6829 \text{ мм} \quad (2.116)$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

Площа західної стінки: $F_{зх.} = a_{зх.} \cdot H_{кам.} = 81,948 \text{ м}^2$ (2.117)

Площа східної стінки: $F_{сх.} = a_{сх.} \cdot H_{кам.} = 84,01 \text{ м}^2$ (2.118)

Площа північної стінки: $F_{пн.} = b_{пн.} \cdot H_{кам.} = 81,948 \text{ м}^2$ (2.119)

Площа південної стінки: $F_{пд.} = b_{пд.} \cdot H_{кам.} = 84,01 \text{ м}^2$ (2.120)

Площа підлоги: $F_{підлоги.} = a_{зх.} \cdot b_{пн.} = 144 \text{ м}^2$ (2.121)

Площа стелі: $F_{стелі.} = a_{зх.} \cdot b_{пн.} = 144 \text{ м}^2$ (2.122)

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

Різниця температур:

- для зовнішніх стін і стелі:
 $\Theta_{зн.} = t_{л.} - t_{кам.} = 52^\circ\text{C}$ (2.123)

- для підлоги:
 $\Theta_{п.} = 1.С - t_{кам.} = 21^\circ\text{C}$ (2.124)

- для внутрішніх стін:
 $\Theta_{вн.} = (t_{л.} - t_{кам.}) \cdot 70\% = 36,4^\circ\text{C}$ (2.125)

- надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів ,без
горещ, покрашених в світлі відтінки: $\Delta t_{б.с.} = 15^\circ\text{C}$

- теплоприток від північної стінки:
 $Q_{пн.} = F_{пн.} \cdot k_{зн.} \cdot \Theta_{зн.} = 1001,404 \text{ Вт}$ (2.126)

- південної стінки:
 $Q_{пд.} = F_{пд.} \cdot k_{вн.} \cdot \Theta_{вн.} = 902,099 \text{ Вт}$ (2.127)

- східної стінки:
 $Q_{сх.} = F_{сх.} \cdot k_{зн.} \cdot \Theta_{зн.} = 1026,602 \text{ Вт}$ (2.128)

- підлоги:
 $Q_{п.} = F_{п.} \cdot k_{п.} \cdot \Theta_{п.} = 925,344 \text{ Вт}$ (2.129)

- стелі:
 $Q_{ст.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Theta_{зн.} = 1647,36 \text{ Вт}$ (2.130)

- сонячної радіації:
 $Q_{с.р.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Delta t_{б.с.} = 475,2 \text{ Вт}$ (2.131)

- теплопритоки від огорожуючих конструкцій:
 $Q_1 = Q_{пн.} + Q_{пд.} + Q_{п.} + Q_{сх.} + Q_{ст.} + Q_{с.р.} = 5978,009 \text{ Вт}$ (2.132)

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2).

Надходження вантажу на добу: $M_{доб.} = 16 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$

Температура надходження: $t_{поч.} = (12 \dots -8)^\circ\text{C}$

Температура випуску: $t_{кін.} = (0 \dots -20)^\circ\text{C}$

теплоємкість продукту (сир): $C_{прод.} = 2,43 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$

Ентальпія продукту, який поступив на зберігання: $h_{нач.} = 37,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$

Ентальпія продукту при температурі закінчення обробки: $h_{кін.} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$

Теплоприток від продукту в процесі обробки:
 $Q_{збер.} = M_{доб.} \cdot (h_{нач.} - h_{кін.}) = 596,8 \text{ Вт}$ (2.133)

						Лист
					00. БКР 142.008.003.ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Теплоприток від продукту в процесі обробки:

$$Q_{2c} = M_{\text{доб.}} \cdot C_{\text{прод.}} \cdot (h_{\text{нач. 1.1.}} - h_{\text{кін. 1.1.}}) = 1450 \text{ Вт} \quad (2.134)$$

$$Q_2 = (Q_{2c} \dots Q_{2\text{збер}}) = (596,8 \dots 1450) \quad (2.135)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q₄).

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{\text{підлоги}} = 0,331 \text{ кВт} \quad (2.136)$$

Теплоприток від перебування людей: $n_{\text{л.}} = 3$

$$q_2 = 350 \text{ Вт} \cdot n_{\text{л.}} = 1,050 \text{ кВт} \quad (2.137)$$

Теплоприток від працюючих електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = (3 \dots 0) \text{ кВт} \quad a_{\text{заван.}} = 0,6$$

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \cdot a_{\text{заван.}} = (1,8) \text{ кВт} \quad (2.138)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{\text{дв}} = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{підлоги}} = 2,16 \text{ кВт} \quad (2.139)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 3541 \text{ Вт} \quad (2.140)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_4 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 10969,009 \text{ Вт} \quad (2.141)$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{4\text{км}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 12748,08 \text{ Вт} \quad (2.142)$$

Камера №5

Початкова температура продукту при замороженні:

$$t_{\text{поч.з.}} = 36^\circ\text{C}$$

Кінцева температура продукту при замороженні:

$$t_{\text{кін.з.}} = -8^\circ\text{C}$$

Товщина продукту:

$$\delta_{\text{пр}} = 0,24 \text{ м}$$

Швидкість повітря поблизу продукту:

$$W_{\text{доб.}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$$

Температура повітря в камері:

$$t_{\text{кам.з.}} = -30^\circ\text{C}$$

Щільність продукту:

$$\rho_{\text{туші.}} = 1080 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = 8 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$$

Заміри камери.

Західна стінка: $a_{\text{зах.}} = 6000 \text{ мм}$

Східна стінка: $a_{\text{сх.}} = 6000 \text{ мм}$

Північна стінка: $b_{\text{пн.}} = 6000 \text{ мм}$

Південна стінка: $b_{\text{пд.}} = 12000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} = 6302 \text{ мм} \quad (2.143)$

Висота камери: $H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{\text{б.п.}} = 6829 \text{ мм} \quad (2.144)$

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

Площа західної стінки:

$$F_{\text{зх.}} = a_{\text{зх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.145)$$

Площа східної стінки:

$$F_{\text{сх.}} = a_{\text{сх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.146)$$

Площа північної стінки:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$F_{\text{пн.}} = b_{\text{пн.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.147)$$

Площа південної стінки:

$$F_{\text{пд.}} = b_{\text{пд.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 43,036 \text{ м}^2 \quad (2.148)$$

Площа підлоги:

$$F_{\text{підлоги.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 36 \text{ м}^2 \quad (2.149)$$

Площа стелі:

$$F_{\text{стелі.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} \cdot F_{\text{стелі.}} = 36 \text{ м}^2 \quad (2.150)$$

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

Різниця температур:

- для зовнішніх стін і стелі:

$$\Theta_{\text{зн.}} = t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}} = 62^\circ\text{C} \quad (2.151)$$

- для підлоги:

$$\Theta_{\text{п.}} = 1 \cdot C - t_{\text{кам.}} = 31^\circ\text{C} \quad (2.152)$$

- надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів ,без горіщ, покрашених в світлі відтінки: $\Delta t_{\text{б.с.}} = 15^\circ\text{C}$

Теплоприток від:

- південної стінки:

$$Q_{\text{пд.}} = F_{\text{пд.}} \cdot k_{\text{вн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 532,8 \text{ Вт} \quad (2.153)$$

- підлоги:

$$Q_{\text{п.}} = F_{\text{п.}} \cdot k_{\text{п.}} \cdot \Theta_{\text{п.}} = 341,496 \text{ Вт} \quad (2.154)$$

- стелі:

$$Q_{\text{ст.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 491,04 \text{ Вт} \quad (2.155)$$

- сонячної радіації:

$$Q_{\text{с.р.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Delta t_{\text{б.с.}} = 118,8 \text{ Вт} \quad (2.156)$$

- теплопритоки від огорожуючих конструкцій:

$$Q_1 = Q_{\text{пд.}} + Q_{\text{п.}} + Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{с.р.}} = 1484,136 \text{ Вт} \quad (2.157)$$

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2).

Коефіцієнт теплопровідності охолодженого продукту: $\lambda_{\text{туші.}} = 0,48 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}}$

Кріоскопічна температура:

$$t_{\text{кр.}} = -1^\circ\text{C}$$

Коефіцієнти P і R

$$P = 1/3 \quad R = 0,0967$$

Середня температура:

$$t_{\text{ср.}} = \frac{t_{\text{кр.}} + t_{\text{кін.з.}}}{2} \cdot t_{\text{ср.}} = -4,5^\circ\text{C}$$

Доля вимороженої вологи:

$$\omega = 1 - \frac{t_{\text{кр.}}}{t_{\text{ср.}}} \omega = 0,7778$$

Коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту:

$$\lambda_{\text{зам.}} = \lambda_{\text{туші.}} + 0,9 \cdot \omega \lambda_{\text{зам.}} = 1,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}} \quad (2.158)$$

Визначаємо властивість повітря при температурі в камері:

$$\vartheta_{\text{пов.}} = 1,08 \times 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{сек.}} \lambda_{\text{пов.}} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{C}} \quad (2.159)$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_{\text{х.}} \cdot \delta_{\text{пр.}}}{\vartheta_{\text{пов.}}} = 44444,444 \quad (2.160)$$

Визначаємо число Нусельта:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$Nu = 0.33 \cdot Re^{0.58} = 163.7752 \quad (2.161)$$

Вичислюємо коефіцієнт тепловіддачі :

$$\alpha_B = \frac{Nu \cdot \lambda_{пов.}}{\delta_{пр.}} = 15,0127 \frac{Вт}{м^2 \cdot C} \quad (2.162)$$

Початкова ентальпія продукту:

$$h_{нач.} = 321,118 \frac{кДж}{кг.}$$

Кінцева ентальпія продукту :

$$h_{кін.} = 37,3 \frac{кДж}{кг.}$$

Питома теплота заморожування:

$$q = h_{нач.} - h_{кін.} = 283.818 \frac{кДж}{кг.} \quad (2.163)$$

Час заморожування напівтуші:

$$\tau_{зам.} = \frac{q \cdot \rho_{туші} \cdot \delta_{пр.}}{t_{кр.} - t_{кам.з.}} \cdot \left(R \cdot \frac{\delta_{пр.}}{2\lambda_{зам}} + P \cdot \frac{1}{\alpha_B} \right) = 22,575 \text{ год.} \quad (2.164)$$

Час завантаження-вивантаження :

$$\tau_{з.в.} = 1,6 \text{ год.}$$

Визначаємо час циклу:

$$\tau_{цикл.} = \tau_{зам.} + \tau_{з.в.} = 24,175 \text{ год.} \quad (2.165)$$

Визначаємо ємкість камери охолодження:

$$E_{кам.охол.} = M_{доб.} \cdot \tau_{циклу} = 8,058 \text{ т} \quad (2.166)$$

Норма завантаження на квадратний метр:

$$q_f = 250 \frac{кг}{м^2}$$

Вичислюємо будівельну площу камери:

$$F_{буд.} = \frac{E_{кам.охол.}}{q_f} = 32.233 \text{ м}^2 \quad (2.167)$$

Норма завантаження продукту на один погонний метр підвісних шляхів:

$$q_1 = 280 \frac{кг}{м}$$

Вичислюємо загальну довжину підвісних шляхів:

$$L_{заг.} = \frac{E_{кам.охол.}}{q_f} = 28.78 \text{ м} \quad (2.168)$$

Тепловий потік, який відводиться в процесі заморожування:

$$Q_2 = 1.4 \cdot M_{доб.} \cdot (h_{нач.} - h_{кін.}) = 36,7921 \text{ к Вт} \quad (2.169)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q₄).

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{Вт}{м^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{підлоги.} = 0,828 \text{ кВт} \quad (2.170)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей:

$$K_{дв.} = 32 \frac{Вт}{м^2}$$

$$q_4 = K_{дв.} \cdot F_{підлоги.} = 1,152 \text{ кВт} \quad (2.171)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_4 = 1980 \text{ Вт} \quad (2.172)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_5 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 40256,236 \text{ Вт} \quad (2.173)$$

Навантаження на компресор:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$\sum Q_{5\text{KM}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 24945,396 \text{ Вт} \quad (2.174)$$

Камера №6

Початкова температура продукту при замороженні:	$t_{\text{поч.з.}} = 36^\circ\text{C}$
Кінцева температура продукту при замороженні:	$t_{\text{кін.з.}} = -8^\circ\text{C}$
Товщина продукту:	$\delta_{\text{пр}} = 0,24\text{м}$
Швидкість повітря поблизу продукту:	$W_{\text{доб.}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$
Температура повітря в камері:	$t_{\text{кам.з.}} = -30^\circ\text{C}$
Щільність продукту:	$\rho_{\text{туші.}} = 1080 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Надходження вантажу на добу:	$M_{\text{доб.}} = 8 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$

Заміри камери.

- західна стінка:	$a_{\text{зах.}} = 6000\text{мм}$	
- східна стінка:	$a_{\text{сх.}} = 6000\text{мм}$	
- північна стінка:	$b_{\text{пн.}} = 6000\text{мм}$	
- південна стінка:	$b_{\text{пд.}} = 12000\text{мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} \cdot b_{\text{пд.}} = 6302\text{мм}$	(2.175)
- висота камери:	$H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{\text{б.п.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 6829\text{мм}$	(2.176)

Розрахунок площі для визначення теплопритоків

Площа західної стінки:

$$F_{\text{зх.}} = a_{\text{зх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.177)$$

Площа східної стінки:

$$F_{\text{сх.}} = a_{\text{сх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.178)$$

Площа північної стінки:

$$F_{\text{пн.}} = b_{\text{пн.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.179)$$

Площа південної стінки:

$$F_{\text{пд.}} = b_{\text{пд.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 43,036 \text{ м}^2 \quad (2.180)$$

Площа підлоги:

$$F_{\text{підлоги.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 36\text{м}^2 \quad (2.181)$$

Площа стелі:

$$F_{\text{стелі.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 36\text{м}^2 \quad (2.182)$$

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

Різниця температур:

- для зовнішніх стін і стелі:

$$\Theta_{\text{зн.}} = t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}} = 62^\circ\text{C} \quad (2.183)$$

- для підлоги:

$$\Theta_{\text{п.}} = 1 \cdot \text{C} - t_{\text{кам.}} = 31^\circ\text{C} \quad (2.184)$$

- надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів ,без
горищ, покрашених в світлі відтінки: $\Delta t_{\text{б.с.}} = 15^\circ\text{C}$

Теплоприток від:

- південної стінки:

$$Q_{\text{пд.}} = F_{\text{пд.}} \cdot k_{\text{вн.}} \cdot \Theta_{\text{вн.}} = 626,935\text{Вт} \quad (2.185)$$

- підлоги:

$$Q_{п.} = F_{п.} \cdot k_{п.} \cdot \Theta_{п.} = 341,496 \text{ Вт} \quad (2.186)$$

- стелі:

$$Q_{ст.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Theta_{зн.} = 491,04 \text{ Вт} \quad (2.187)$$

- сонячної радіації:

$$Q_{с.р.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Delta t_{б.с.} = 118,8 \text{ Вт} \quad (2.188)$$

- теплопритоки від огороджуючих конструкцій:

$$Q_1 = Q_{пд.} + Q_{п.} + Q_{ст.} + Q_{с.р.} = 1578,271 \text{ Вт} \quad (2.189)$$

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2).

Коефіцієнт теплопровідності охолодженого продукту:

$$\lambda_{туші.} = 0,48 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$$

Кріоскопічна температура:

$$t_{кр.} = -1^\circ \text{С}$$

Коефіцієнти P і R

$$P = 1/3 \quad R = 0,0967$$

Середня температура:

$$t_{ср} = \frac{t_{кр.} + t_{кін.з.}}{2} t_{ср} = -4,5^\circ \text{С} \quad (2.190)$$

Доля вимороженої води:

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр.}}{t_{ср.}} = 0,7 \quad (2.191)$$

Коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту:

$$\lambda_{зам.} = \lambda_{туші.} + 0,9 \cdot \omega = 1,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}} \quad (2.192)$$

Визначаємо властивість повітря при температурі в камері:

$$\vartheta_{пов.} = 1,08 \times 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{сек.}} \lambda_{пов.} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}} \quad (2.192)$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_x \cdot \delta_{пр.}}{\vartheta_{пов.}} = 44444,444 \quad (2.193)$$

Визначаємо число Нусельта:

$$Nu = 0,33 \cdot Re^{0,58} \quad Nu = 163,7752 \quad (2.194)$$

Вичислюємо коефіцієнт тепловіддачі :

$$\alpha_B = \frac{Nu \cdot \lambda_{пов.}}{\delta_{пр.}} \quad \alpha_B = 15,0127 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}} \quad (2.195)$$

Початкова ентальпія продукту:

$$h_{нач.} = 321,118 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Кінцева ентальпія продукту :

$$h_{кін.} = 37,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома теплота заморожування:

$$q = h_{нач.} - h_{кін.} = 283,818 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2.196)$$

Час заморожування напівтуші:

$$\tau_{зам.} = \frac{q \cdot \rho_{туші} \cdot \delta_{пр.}}{t_{кр.} - t_{кам.з.}} \cdot \left(R \cdot \frac{\delta_{пр.}}{2\lambda_{зам.}} + P \cdot \frac{1}{\alpha_B} \right) = 22,575 \text{ год.} \quad (2.197)$$

Час завантаження-вивантаження :

$$\tau_{з.в.} = 1,6 \text{ год.}$$

Визначаємо час циклу:

$$\tau_{\text{цикл.}} = \tau_{\text{зам.}} + \tau_{\text{з.в.}} = 24,175 \text{ год.} \quad (2.198)$$

Визначаємо ємкість камери охолодження:

$$E_{\text{кам.охол.}} = M_{\text{доб.}} \cdot \tau_{\text{циклу}} = 8,058 \text{ т} \quad (2.199)$$

Норма завантаження на квадратний метр:

$$q_f = 250 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Вчислюємо будівельну площу камери:

$$F_{\text{буд.}} = \frac{E_{\text{кам.охол.}}}{q_f} = 32.233 \text{ м}^2 \quad (2.200)$$

Норма завантаження продукту на один погонний метр підвісних шляхів:

$$q_l = 280 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

Вчислюємо загальну довжину підвісних шляхів:

$$L_{\text{заг.}} = \frac{E_{\text{кам.охол.}}}{q_f} = 28.78 \text{ м} \quad (2.201)$$

Тепловий потік, який відводиться в процесі заморожування:

$$Q_2 = 1.4 \cdot M_{\text{доб.}} \cdot (h_{\text{нач.}} - h_{\text{кін.}}) = 31,7876 \text{ к Вт} \quad (2.202)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q_4).

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{\text{підлоги.}} = 0,828 \text{ кВт} \quad (2.203)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{\text{дв}} = 32 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{підлоги.}} = 1,152 \text{ кВт} \quad (2.204)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_4 = 1980 \text{ Вт} \quad (2.205)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_6 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 35345,871 \text{ Вт} \quad (2.206)$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{6\text{км}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 22036,831 \text{ Вт} \quad (2.207)$$

Камера №7

Камера зберігання заморожених продуктів.

Температурний режим в камері:

$$t_{\text{кам.}} = -20^\circ\text{C}$$

Ємкість камери:

$$G_{\text{кам.}} = 100 \text{ т}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = \frac{8\%}{\text{доб.}} \cdot G_{\text{кам.}} = 8 \frac{\text{т}}{\text{доб.}} \quad (2.208)$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^\circ\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = -20^\circ\text{C}$$

Потужність встановлених електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 1 \text{ кВт}$$

Кількість працюючих людей:

$$n_{\text{л.}} = 2$$

Заміри камери.

Західна стінка:

$$a_{\text{зах.}} = 6000 \text{ мм}$$

Східна стінка:

$$a_{\text{сх.}} = 6000 \text{ мм}$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Північна стінка: $b_{пн.} = 8000 \text{ мм}$
 Південна стінка: $b_{пд.} = 8000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{зн.} = 8302 \text{ мм}$ (2.209)
 Висота камери: $H_{кам.} = h_{кам.} + \sum \delta_{б.п.} = 6829 \text{ мм}$ (2.210)

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

Площа західної стінки:
 $F_{зх.} = a_{зх.} \cdot H_{кам.} = 40,974 \text{ м}^2$ (2.211)

Площа східної стінки:
 $F_{сх.} = a_{сх.} \cdot H_{кам.} = 40,974 \text{ м}^2$ (2.212)

Площа північної стінки:
 $F_{пн.} = b_{пн.} \cdot H_{кам.} = 54,632 \text{ м}^2$ (2.213)

Площа південної стінки:
 $F_{пд.} = b_{пд.} \cdot H_{кам.} = 56,694 \text{ м}^2$ (2.214)

Площа підлоги:
 $F_{підлоги.} = a_{зх.} \cdot b_{пн.} = 48 \text{ м}^2$ (2.215)

Площа стелі:
 $F_{стелі.} = a_{зх.} \cdot b_{пн.} = 48 \text{ м}^2$ (2.216)

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

Різниця температур:

- для зовнішніх стін і стелі:
 $\Theta_{зн.} = t_{л.} - t_{кам.} = 52^\circ \text{C}$ (2.217)

- для підлоги:
 $\Theta_{п.} = 1.С - t_{кам.} = 21^\circ \text{C}$ (2.218)

- для внутрішніх стін:
 $\Theta_{вн.} = (t_{л.} - t_{кам.}) \cdot 70\% = 36,4^\circ \text{C}$ (2.219)

- надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів, без горищ, покращених в світлі відтінки: $\Delta t_{б.с.} = 15^\circ \text{C}$

Теплоприток від

- південної стінки:
 $Q_{пд.} = F_{пд.} \cdot k_{вн.} \cdot \Theta_{вн.} = 680,780 \text{ Вт}$ (2.220)

- західної стінки:
 $Q_{зх.} = F_{сх.} \cdot k_{зн.} \cdot \Theta_{зн.} = 500,702 \text{ Вт}$ (2.221)

- підлоги:
 $Q_{п.} = F_{п.} \cdot k_{п.} \cdot \Theta_{п.} = 308,448 \text{ Вт}$ (2.222)

- стелі:
 $Q_{ст.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Theta_{зн.} = 548,058 \text{ Вт}$ (2.223)

- сонячної радіації:
 $Q_{с.р.} = F_{ст.} \cdot k_{б.п.} \cdot \Delta t_{б.с.} = 158,4 \text{ Вт}$ (2.224)

- теплопритоки від огорожуючих конструкцій:
 $Q_1 = Q_{пд.} + Q_{п.} + Q_{зх.} + Q_{ст.} + Q_{с.р.} = 2196,388 \text{ Вт}$ (2.225)

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2).

Надходження вантажу на добу: $M_{доб.} = 8 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^{\circ}\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = 20^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія продукту, який поступив на зберігання:

$$h_{\text{нач.}} = 29,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Ентальпія продукту при температурі закінчення обробки:

$$h_{\text{кін.}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Теплоприток від продукту в процесі обробки:

$$Q_2 = M_{\text{доб.}} \cdot (h_{\text{нач.}} - h_{\text{кін.}}) = 234,4 \text{ Вт} \quad (2.226)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q4).

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{\text{підлоги}} = 0,110 \text{ кВт} \quad (2.227)$$

Теплопритоки від перебування людей: $n_{\text{л.}} = 2$

$$q_2 = 350 \text{ Вт} \cdot n_{\text{л.}} = 700 \text{ Вт} \quad (2.228)$$

Теплоприток від працюючих електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 1 \text{ кВт} \quad a_{\text{заван.}} = 0,6$$

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \cdot a_{\text{заван.}} = 0,6 \text{ кВт} \quad (2.229)$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{\text{дв.}} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{\text{дв.}} \cdot F_{\text{підлоги}} = 0,576 \text{ кВт} \quad (2.230)$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1986 \text{ Вт} \quad (2.231)$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_7 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 4416,788 \text{ Вт} \quad (2.232)$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{7\text{км}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 3727,228 \text{ Вт} \quad (2.233)$$

Камера №8

Камера зберігання заморожених продуктів.

Температурний режим в камері:

$$t_{\text{кам.}} = -20^{\circ}\text{C}$$

Ємкість камери:

$$G_{\text{кам.}} = 200 \text{ т}$$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = \frac{8\%}{\text{доб.}} \cdot G_{\text{кам.}} = 16 \frac{\text{т}}{\text{доб.}} \quad (2.234)$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^{\circ}\text{C}$$

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = -20^{\circ}\text{C}$$

Потужність встановлених електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 0 \text{ кВт}$$

Кількість працюючих людей:

$$n_{\text{л.}} = 2$$

Заміри камери.

Західна стінка:

$$a_{\text{зах.}} = 6000 \text{ мм} + 0,5 \cdot \sum \delta_{\text{зн.}} = 6302 \text{ мм} \quad (2.235)$$

Східна стінка:

$$a_{\text{сх.}} = 6000 \text{ мм} \quad (2.236)$$

Північна стінка:

$$b_{\text{пн.}} = 12000 \text{ мм} \quad (2.237)$$

Південна стінка:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$b_{\text{пд.}} = 12000 \text{ мм} \quad (2.238)$$

Висота камери:

$$H_{\text{кам.}} = h_{\text{кам.}} + \sum \delta_{\text{б.п.}} = 6829 \text{ мм} \quad (2.239)$$

Розрахунок площі для визначення теплопритоків.

Площа західної стінки:

$$F_{\text{зх.}} = a_{\text{зх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 43,036 \text{ м}^2 \quad (2.240)$$

Площа східної стінки:

$$F_{\text{сх.}} = a_{\text{сх.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 40,974 \text{ м}^2 \quad (2.241)$$

Площа північної стінки:

$$F_{\text{пн.}} = b_{\text{пн.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2 \quad (2.242)$$

Площа південної стінки:

$$F_{\text{пд.}} = b_{\text{пд.}} \cdot H_{\text{кам.}} = 81,948 \text{ м}^2 \quad (2.243)$$

Площа підлоги:

$$F_{\text{підлоги.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 75,624 \text{ м}^2 \quad (2.244)$$

Площа стелі:

$$F_{\text{стелі.}} = a_{\text{зх.}} \cdot b_{\text{пн.}} = 75,624 \text{ м}^2 \quad (2.245)$$

Розрахунок теплопритоків через огорожуючі конструкції (Q_1)

Різниця температур:

- для зовнішніх стін і стелі:

$$\Theta_{\text{зн.}} = t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}} = 52^\circ \text{C} \quad (2.246)$$

- для підлоги:

$$\Theta_{\text{п.}} = 1.С - t_{\text{кам.}} = 21^\circ \text{C} \quad (2.247)$$

- для внутрішніх стін:

$$\Theta_{\text{вн.}} = (t_{\text{л.}} - t_{\text{кам.}}) \cdot 70\% = 36,4^\circ \text{C} \quad (2.248)$$

- надлишкова різниця температур від сонячної радіації для покриттів, без горищ, покращених в світлі відтінки: $\Delta t_{\text{б.с.}} = 15^\circ \text{C}$

Теплоприток від:

- північної стінки:

$$Q_{\text{пн.}} = F_{\text{пд.}} \cdot k_{\text{зн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 500,702 \text{ Вт} \quad (2.249)$$

- західної стінки:

$$Q_{\text{зх.}} = F_{\text{сх.}} \cdot k_{\text{зн.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 500,702 \text{ Вт} \quad (2.250)$$

- підлоги:

$$Q_{\text{п.}} = F_{\text{п.}} \cdot k_{\text{п.}} \cdot \Theta_{\text{п.}} = 485,959 \text{ Вт} \quad (2.251)$$

- стелі:

$$Q_{\text{ст.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Theta_{\text{зн.}} = 865,138 \text{ Вт} \quad (2.252)$$

- сонячної радіації:

$$Q_{\text{с.р.}} = F_{\text{ст.}} \cdot k_{\text{б.п.}} \cdot \Delta t_{\text{б.с.}} = 249,559 \text{ Вт} \quad (2.253)$$

- теплопритоки від огорожуючих конструкцій:

$$Q_1 = Q_{\text{пн.}} + Q_{\text{п.}} + Q_{\text{зх.}} + Q_{\text{ст.}} + Q_{\text{с.р.}} = 2602,06 \text{ Вт} \quad (2.254)$$

Розрахунок теплопритоків від продукту при холодильній обробці (Q_2).

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб.}} = 16 \frac{\text{т}}{\text{доб.}}$$

Температура надходження:

$$t_{\text{поч.}} = -8^\circ \text{C}$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Температура випуску:

$$t_{\text{кін.}} = 20^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія продукту, який поступив на зберігання:

$$h_{\text{нач.}} = 29,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$$

Ентальпія продукту при температурі закінчення обробки:

$$h_{\text{кін.}} = 0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг.}}$$

Теплоприток від продукту в процесі обробки:

$$Q_2 = M_{\text{доб.}} \cdot (h_{\text{нач.}} - h_{\text{кін.}}) = 468,8 \text{ Вт} \quad (2.255)$$

Експлуатаційні теплопритоки (Q_4)

Теплопритоки від освітлення: $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_1 = A \cdot F_{\text{підлоги}} = 0,173 \text{ кВт}$$

Теплопритоки від перебування людей: $n_{\text{л.}} = 2$

$$q_2 = 350 \text{ Вт} \cdot n_{\text{л.}} = 700 \text{ Вт}$$

Теплоприток від працюючих електродвигунів:

$$N_{\text{ел.дв.}} = 0 \text{ кВт} \quad a_{\text{заван.}} = 0,6$$

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \cdot a_{\text{заван.}} = 0 \text{ кВт}$$

Теплопритоки при відкриванні дверей: $K_{\text{дв}} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q_4 = K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{підлоги}} = 0,907 \text{ кВт}$$

Експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1780 \text{ Вт}$$

Теплопритоки в камері:

$$\sum Q_8 = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 4850,86 \text{ Вт}$$

Навантаження на компресор:

$$\sum Q_{8\text{км}} = Q_1 + 0,6 \cdot Q_2 + 0,7 \cdot Q_4 = 4129,34 \text{ Вт}$$

2.5.2. Визначення холодопродуктивності компресорів

Навантаження на обладнання при $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{об.}-10} = \sum Q_{4,1,1} = 14217,819 \text{ Вт}$$

Навантаження на обладнання при $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{об.}-30} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_{4,1,2} + \sum Q_7 + \sum Q_8 = 79769,242 \text{ Вт} \quad (2.264)$$

Навантаження на компресор при $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$:

$$\begin{aligned} \sum Q_{\text{км.}-30} &= \sum Q_{1\text{км}} + \sum Q_{2\text{км}} + \sum Q_{3\text{км}} + \sum Q_{4\text{км}} + \sum Q_{7\text{км}} + \sum Q_{8\text{км}} \\ &= 60054,401 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Навантаження на обладнання при $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{об.}-40} = \sum Q_6 + \sum Q_5 = 79905,461 \text{ Вт}$$

Навантаження на компресор при $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{\text{км.}-40} = \sum Q_{6\text{км}} + \sum Q_{5\text{км}} \quad \sum Q_{\text{об.}-40} = 49566,968 \text{ Вт}$$

Таблиця 2.2. Зведена таблиця теплопритоків

Камера	Q ₁ , Вт		Q ₂ , Вт		Q ₄ , Вт		Q _{заг.} , Вт	
	кам.об.	км.	кам.об.	км.	кам.об.	км.	кам.об.	км.
№5	1652.314	1652.314	36791.216	22074.73	1509.2	1056.44	39952.731	24783.484
№6	1652.314	1652.314	36791.216	22074.73	1509.2	1056.44	39952.731	24783.484
Всього	для t _o =-40 °С							
№ 1	5978,431	5978,431	6475,694	3885,416	3732	2612,4	16186,125	12476,247
№ 2	5083,8	5083,8	6475,694	3885,416	2365	1655,5	13924,5	9812,08
№ 3	6134,16	6134,16	6475,694	3885,416	2365	1655,5	14974,854	11675
№ 4	6027.916	6027.916	6907.407	4144.444	3679.6	2575.72	16614.923	12748.08
№ 7	2198.821	2198.821	3391.204	2034.722	2100.8	1470.56	7690.825	5704.104
№ 8	3056.266	3056.266	5425.926	3255.556	1895.823	1327.076	10378.015	7638.898
Всього	для t _o =-30 °С							
№ 4	3338.219	3338.219	5400	3240	5479.6	3835.72	14217.819	14217.819
Всього	для t _o =-10 °С							

2.4. Вибір системи охолодження і типу холодильної установки

Установка працює по двохступеневому циклу з трьома температурами кипіння і компаундним циркуляційним ресивером.

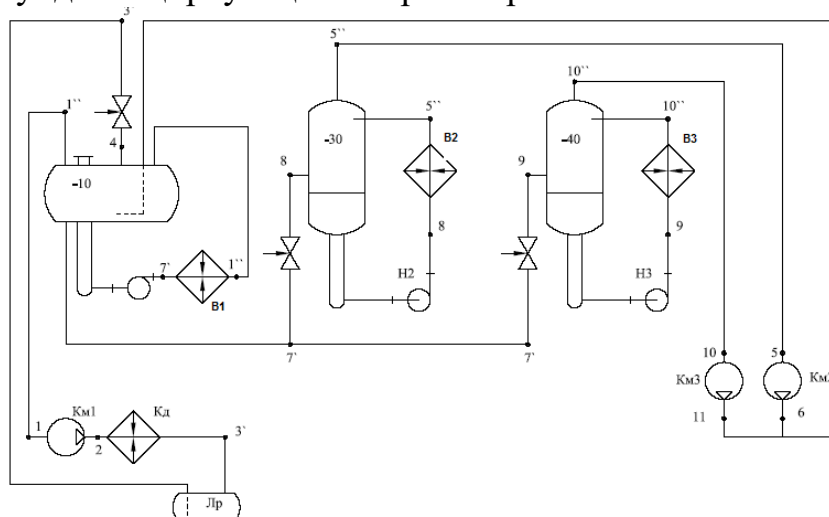


Рисунок 2.6. Принципова схема та цикл роботи установки.

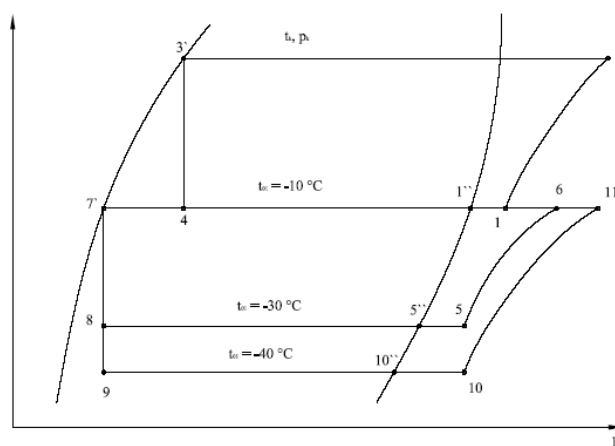


Рисунок 2.7. Цикл роботи холодильної установки

2.5. Розрахунок та вибір основного обладнання холодильної установки

2.5.1. Вибір теплових режимів

Температура конденсації:	$t_k = 42^\circ\text{C}$
Температура кипіння:	$t_{0\ -30} = -30^\circ\text{C}$ $t_{0\ -40} = -40^\circ\text{C}$
Проміжна температура:	$t_{\text{пр}} = -10^\circ\text{C}$
Тиск конденсації:	$P_k = 16,395 \text{ бар}$
Тиск кипіння:	$P_{0\ -30} = 1,638 \text{ бар}$ $P_{0\ -40} = 1,054 \text{ бар}$
Проміжний тиск:	$P_{\text{пр}} = 3,535 \text{ бар}$
Перегрів на всмоктуванні:	$\Delta t_{\text{вс}} = 10^\circ\text{C}$

Визначення коефіцієнта подачі компресорів на даній робочій речовині та режимі.

2.5.2. Визначення холодопродуктивності компресорів

Коефіцієнт, який враховує впливання мертвого простору:

$$\lambda_c = 1 - 0,03 \cdot \left[\left(\frac{P_k}{P_{\text{пр}}} \right)^{1,05} - 1 \right] \lambda_c = 0,88 \quad (2.268)$$

Сумарний перегрів на всмоктуванні:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$\Theta_{BC} = \Delta t_{BC} = 10^{\circ}\text{C} \quad \alpha_f = 1,12 \quad \beta = 0,5$$

$$\lambda_w = \frac{t_{пр} + \theta_{BC} + 273,15 \cdot \text{C}}{\alpha_f \cdot (t_k + 273,15 \cdot \text{C}) + \beta \cdot \theta_{BC}} \lambda_w = 0,763 \quad (2.269)$$

Коефіцієнт подачі (об'ємний коефіцієнт):

$$\lambda_{10} = \lambda_c \cdot \lambda_w = 0,671 \quad (2.270)$$

Коефіцієнт, який враховує впливання мертвого простору:

$$\lambda_c = 0,963$$

Коефіцієнт, який враховує перетікання:

$$\lambda_w = 0,845$$

Коефіцієнт подачі (об'ємний коефіцієнт):

$$\lambda_{30} = \lambda_c \cdot \lambda_w = 0,813 \quad (2.271)$$

Коефіцієнт, який враховує впливання мертвого простору:

$$\lambda_c = 0,923$$

Коефіцієнт, який враховує перетікання:

$$\lambda_w = 0,811$$

Коефіцієнт подачі (об'ємний коефіцієнт):

$$\lambda_{40} = \lambda_c \cdot \lambda_w = 0,749 \quad (2.272)$$

Масова витрата циркулюючого агента, котрий необхідно відводити від циркуляційних ресиверів:

$$G_{40} = \frac{\sum Q_{KM40}}{h_{10''} - h_9} = 0,247 \frac{\text{кг}}{\text{сек.}} \quad (2.273)$$

$$G_{30} = \frac{\sum Q_{KM30}}{h_{5''} - h_8} = 0,365 \frac{\text{кг}}{\text{сек.}} \quad (2.274)$$

$$G_{10} = \frac{\sum Q_{KM10}}{h_{1''} - h_4} = 0,094 \frac{\text{кг}}{\text{сек.}} \quad (2.275)$$

Масова витрата агента в компресорі СНТ (-40)

$$G_{KM40} = G_{40} = 0,247 \frac{\text{кг}}{\text{сек.}} \quad (2.276)$$

Масова витрата агента в компресорі СНТ (-30)

$$G_{KM30} = G_{30} = 0,365 \frac{\text{кг}}{\text{сек.}} \quad (2.277)$$

Масова витрата агента в компресорі СВТ (-10)

$$G_{KM10} = G_{10} \cdot \frac{h_{1''} - h_{7'}}{h_{1''} - h_4} + G_{30} \cdot \frac{h_6 - h_{7'}}{h_{1''} - h_4} + G_{30} \cdot \frac{h_{11} - h_{7'}}{h_{1''} - h_4} = 1,082 \frac{\text{кг}}{\text{сек.}} \quad (2.278)$$

Теоретична об'ємна продуктивність:

$$V_{h40} = \frac{G_{KM40} \cdot v_{10}}{\lambda_{40}} = 252,97 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (2.279)$$

$$V_{h30} = \frac{G_{KM30} \cdot v_5}{\lambda_{30}} = 231,38 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (2.280)$$

$$V_{h10} = \frac{G_{KM10} \cdot v_1}{\lambda_{10}} = 403,583 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (2.281)$$

Ефективна потужність:

$$Ne_{40} = G_{KM40} \cdot (h_{11} - h_{10}) = 7,454 \text{ кВт} \quad (2.282)$$

$$Ne_{30} = G_{KM30} \cdot (h_6 - h_5) = 6,957 \text{ кВт} \quad (2.283)$$

$$Ne_{10} = G_{KM10} \cdot (h_2 - h_1) = 44,063 \text{ кВт} \quad (2.284)$$

Тепло конденсації:

$$Q_k = G_{KM10} \cdot (h_2 - h_{3'}) = 213,942 \text{ кВт}$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Ступінь стиснення:

$$\sigma_{40} = \frac{P_{\text{пр.}}}{P_{040}} = 3,354 \quad (2.285)$$

$$\sigma_{30} = \frac{P_{\text{пр.}}}{P_{030}} = 2,158 \quad (2.286)$$

$$\sigma_{10} = \frac{P_{\text{к.}}}{P_{\text{пр.}}} = 4,638 \quad (2.287)$$

Різниця тисків:

$$\Delta P_{40} = P_{\text{пр.}} - P_{040} = 2,481 \text{ бар} \quad (2.288)$$

$$\Delta P_{30} = P_{\text{пр.}} - P_{030} = 1,897 \text{ бар} \quad (2.289)$$

$$\Delta P_{10} = P_{\text{к.}} - P_{\text{пр.}} = 12,86 \text{ бар} \quad (2.290)$$

2.5.3. Побудова циклу холодильної установки

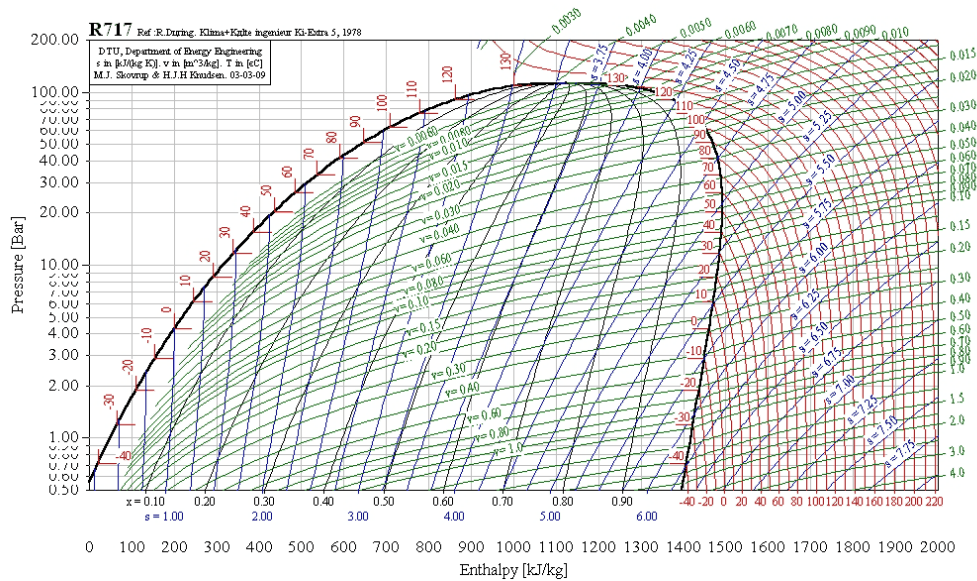


Рисунок 2.9. Діаграма lgP-i

Таблиця 2.3. Параметри в розрахункових точках.

Параметр	t, °C	P, бар	h, кДж/кг	s, кДж/кгС	v, дм ² /кг
Точки					
1	0	3,535	409,93	1,7986	69,531
1''	-10	3,535	403,52	1,7747	66,437
2	78,48	16,0744	450,64	1,7986	18,018
3'	42	16,0744	252,98	1,1765	0,892
4	-10	3,535	252,98	1,2026	
5	-20	1,638	400,23	1,8320	143,256
5''	-30	1,638	394,21	1,8078	136,947
6	14,4	3,535	419,3	1,832	73,921
7'	-10	3,535	188,56	0,9578	0,758
8	-30	1,638	188,56	0,9645	
9	-40	1,054	188,56	0,9658	
10	-30	1,054	395,15	1,8527	216,122
10''	-40	1,054	389,31	1,8281	206,469

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

00. БКР 142.008.003.ПЗ

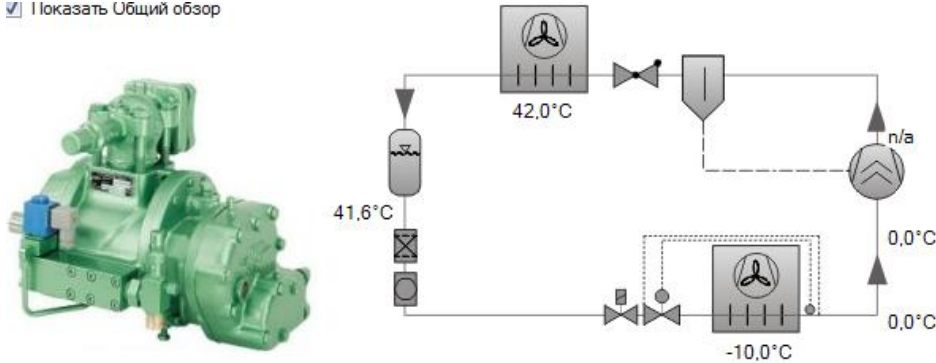
Лист

35

Параметр Точки	t, °C	P, бар	h, кДж/кг	s, кДж/кгС	v, дм ² /кг
11	23,52	3,535	425,34	1,8527	76,67

2.5.4. Підбір компресора Компресор підібраний за допомогою програми «Bitzer»

Показать Общий обзор



Откр-е винтов. Компрессоры OS

Серии: все

Хладагент: R404A

Темп., используемая в: Темп. "точки росы"

Подбор компрессора

Холодопроизвод-сть: 44

модель компрессора: OSN5351-K

Вкл. предыдущие типы

Рабочая точка

Тиспарения SST: -10 °C

Тконденсации SCT: 42 °C

Условия функционирования

С экономайзером

Переохл-е (после конд): 0 K

Перегрев всасыв. паро: 10 K

Полезный перегрев: 100 %

Дополнит. охлаждение: Автоматически

Макс. темп. нагнетания: Auto

Привод

Скорость вращения: 2900 /min

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

00. БКР 142.008.003.ПЗ

Лист

36

2.5.5. Розрахунок і підбір приладів охолодження

Коефіцієнт теплопередачі батарей при пристінній установці в 8 труб повисоті:

$$K_{\text{ор.}} = 3,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

Коефіцієнт теплопередачі батарей при стельовій установці в один ряд:

$$K_{\text{ор.п.}} = 4,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}}$$

Різниця температур між повітря в камері та киплячим холоди́льним агентом:

$$\Delta t_{\text{ор.}} = 8^{\circ}\text{С}$$

Технічні характеристики батарей.

Батареї потрібно встановлювати на шляху теплопритоків. Таким чином, встановлюємо оребрнені батареї біля східної та північної стінках. При необхідності додатково встановлюємо батареї на стелі.

Пристінні секції батарей:

- Довжина секції: $L_{\text{ск}} = 2750 \text{ мм}$ $L_{\text{сс}} = 4250 \text{ мм}$
- Висота секції: $H = 960 \text{ мм}$
- Площа поверхні: $F_{\text{ск}} = 17,5 \text{ м}^2$ $F_{\text{сс}} = 27 \text{ м}^2$

Батареї на стелі:

- Довжина секції: $L_{\text{ск}} = 2750 \text{ мм}$ $L_{\text{сс}} = 3000 \text{ мм}$
- Висота секції: $H = 640 \text{ мм}$
- Площа поверхні: $F_{\text{ск}} = 11,7 \text{ м}^2$ $F_{\text{сс}} = 12,8 \text{ м}^2$

Камера №1

Навантаження на камерне обладнання:

$$Q_{\text{кам.}} = \sum Q_1 = 16,18 \text{ кВт} \quad (2.291)$$

Площа поверхні пристінних секції:

$$F_{\text{пр.}} = 2 \cdot (2F_{\text{ск}} + 2F_{\text{сс.}}) = 178 \text{ м}^2 \quad (2.292)$$

Площа поверхні секції на стелі:

$$F_{\text{ст.}} = 12 \cdot (2F_{\text{скст}} + F_{\text{сс.с}}) = 434,4 \text{ м}^2 \quad (2.293)$$

Навантаження, яке знімається батареями:

$$Q_{\text{б.}} = K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{пр.}} + K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{ст.}} = 21,175 \text{ кВт} \quad (2.294)$$

Камера № 2

Навантаження на камерне обладнання:

$$Q_{\text{кам.}} = \sum Q_2 = 13,924 \text{ кВт} \quad (2.295)$$

Площа поверхні пристінних секції:

$$F_{\text{пр.}} = 2 \cdot (2F_{\text{ск}} + F_{\text{сс.}}) = 124 \text{ м}^2 \quad (2.296)$$

Площа поверхні секції на стелі:

$$F_{\text{ст.}} = 15 \cdot (2F_{\text{скст}} + F_{\text{сс.с}}) = 543 \text{ м}^2 \quad (2.297)$$

Навантаження, яке знімається батареями:

$$Q_{\text{б.}} = K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{пр.}} + K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{ст.}} = 23,79 \text{ кВт} \quad (2.298)$$

Камера № 4

Навантаження на камерне обладнання:

$$Q_{\text{кам.}} = \sum Q_{4,1,2} = 16,615 \text{ кВт} \quad (2.299)$$

Площа поверхні пристінних секції:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$F_{\text{пр.}} = 2 \cdot (2F_{\text{ск}} + 2F_{\text{сс.}}) = 178 \text{ м}^2 \quad (2.300)$$

Площа поверхні секції на стелі:

$$F_{\text{ст.}} = 9 \cdot (2F_{\text{скс}} + F_{\text{сс.с}}) = 325,8 \text{ м}^2 \quad (2.301)$$

Навантаження, яке знімається батареями:

$$Q_{\text{б.}} = K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{пр.}} + K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{ст.}} = 17,092 \text{ кВт} \quad (2.302)$$

Камера № 8

Навантаження на камерне обладнання:

$$Q_{\text{кам.}} = \sum Q_8 = 10,378 \text{ кВт} \quad (2.303)$$

Площа поверхні пристінних секцій:

$$F_{\text{пр.}} = 2 \cdot (2F_{\text{ск}} + F_{\text{сс.}}) = 124 \text{ м}^2 \quad (2.304)$$

Площа поверхні секції на стелі:

$$F_{\text{ст.}} = 6 \cdot (2F_{\text{скс}} + F_{\text{сс.с}}) = 217,2 \text{ м}^2 \quad (2.305)$$

Навантаження, яке знімається батареями:

$$Q_{\text{б.}} = K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{пр.}} + K_{\text{ор.}} \cdot \Delta t_{\text{ор.}} \cdot F_{\text{ст.}} = 11,54 \text{ кВт} \quad (2.306)$$

Розрахунок повітроохолоджувача

Параметри повітря в камері: $t_{\text{кам.}} = 0^\circ\text{C}$ $\phi_{\text{кам.}} = 85\%$

Теплове навантаження: $Q_0 = 141217,819 \text{ Вт}$

Температура кипіння: $t_0 = -10^\circ\text{C}$

Зовнішній діаметр труби: $d_{\text{зн}} = 25 \text{ мм}$

Товщина стінки труби: $\delta_{\text{ст.}} = 2,5 \text{ мм}$

Внутрішній діаметр труби: $d_{\text{вн}} = d_{\text{зн}} - 2 \cdot \delta_{\text{ст.}} = 20 \text{ мм} \quad (2.307)$

Матеріал труб (сталь): $\lambda_{\text{труб}} = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$

Товщина ребра: $\delta_{\text{ребра.}} = 0,4 \text{ мм}$

Матеріал ребра (сталь): $\lambda_{\text{ребра.}} = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$

Компоновка жмутка – коридорна.

Швидкість повітря в живому перерізі апарата: $v_{\text{пов.}} = 8 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Крок ребер: $c_{\text{ребер}} = 13,4 \text{ мм}$

Крок труб в пучку: $S_{\text{тр.}} = 70 \text{ мм}$

Підоохолодження в апараті: $\Delta t = 6^\circ\text{C}$

Температура повітря на вході в апарат:

$$t_{\text{вх.}} = t_{\text{кам.}} + \frac{\Delta t}{2} = 3^\circ\text{C} \quad (2.308)$$

Температура повітря на виході з апарата:

$$t_{\text{вх.}} = t_{\text{кам.}} - \frac{\Delta t}{2} = -3^\circ\text{C} \quad (2.309)$$

Середній коефіцієнт теплопровідності інею: $\lambda_{\text{ін.}} = 0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{C}}$

Середня щільність інею: $\rho_{\text{ін.}} = 300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Стабілізований тепловий опір шару інею: $R_{\text{ін.}} = 0,02 \frac{\text{м}^2\cdot\text{C}}{\text{Вт}}$

Товщина шару інею

$$\delta_{\text{ін.}} = R_{\text{ін.}} \cdot \lambda_{\text{ін.}} = 5 \text{ мм} \quad (2.310)$$

Коефіцієнт, враховуючий тепловий опір контакту між ребро і трубою: $\chi = 0,75$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Порядок розрахунку.

Температура поверхні: $t_{\text{пов.}}$
 Вологоємкість в точці С: $d_c = 3,221 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$
 Теплоємкість сухого повітря: $C_{\text{с.п.}} = 1,006 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$
 Теплоємкість пари: $C_{\text{п.}} = 1,86 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$

Теплоємкість вологого повітря в точці С:
 $C_{\text{в.п.}} = C_{\text{с.п.}} + C_{\text{п.}} \cdot d_c = 1,02 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}$ (2.311)

Тепло пароутворення при температурі камери: $r_c = 2500 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
 Тепло плавлення при температурі камери: $r_{\text{пл}} = 335 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
 Тепло сублімації при температурі камери:
 $r_{\text{суб}} = r_c + r_{\text{пл}} = 2835 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ (2.312)

Ентальпія інею при температурі поверхні:
 $h_{\text{ін.}}(t_{\text{пов.}}) = 2,09 \cdot t_{\text{пов.}}$ (2.313)

Коефіцієнт волого випадання:
 $\xi(t_{\text{пов.}}) = 1 + \frac{d_c - d_{\text{н.}}(t_{\text{пов.}})}{\Delta} \cdot \frac{r_{\text{суб}} - h_{\text{ін.}}(t_{\text{пов.}})}{C_{\text{в.в.}}}$ (2.314)

Висушуюча властивість повітроохолоджувача:
 $w_{\text{п.о.}}(t_{\text{пов.}}) = \frac{Q_0}{r_{\text{суб}} \cdot \left(1 - \left(\frac{1}{\xi(t_{\text{пов.}})}\right)\right)}$ (2.315)

Площа зовнішньої поверхні ребристого елемента:
 $F_{\text{зн.1}} = 2 \cdot \left[S_{\text{тр.}}^2 - \pi \cdot \frac{(d_{\text{нар.}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})^2}{4} \right] + \pi \cdot (d_{\text{зн.}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}}) \cdot [u_{\text{ребер}} - (\delta_{\text{ребра}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})] = 8205,642 \text{мм}^2$ (2.316)

Площа внутрішньої поверхні ребристого елемента:
 $F_{\text{вн.1}} = \pi \cdot d_{\text{вн.}} \cdot u_{\text{ребер}} = 841,947 \text{мм}^2$ (2.317)

Площа зовнішньої поверхні ребристого елемента:
 $F_{\text{зн.2}} = \pi \cdot (d_{\text{зн.}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}}) \cdot [u_{\text{ребер}} - (\delta_{\text{ребра}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})] = 329,867 \text{мм}^2$ (2.318)

Коефіцієнт оребрення:
 $\beta = \frac{F_{\text{зн.1}}}{F_{\text{вн.1}}} = 9,746$ (2.319)

Степінь оребрення:
 $\beta' = \frac{F_{\text{зн.1}}}{F_{\text{вн.2}}} = 24,876$

Коефіцієнт живого перерізу для проходу повітря:
 $\varepsilon = \frac{2 \cdot [S_{\text{тр.}} - (d_{\text{зн.}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})] \cdot [u_{\text{ребер}} - (\delta_{\text{ребра}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})]}{S_{\text{тр.}} \cdot u_{\text{ребер}}} = 0,112$ (2.321)

Еквівалентний діаметр:
 $d_{\text{екв.}} = \frac{2 \cdot [S_{\text{тр.}} - (d_{\text{зн.}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})] \cdot [u_{\text{ребер}} - (\delta_{\text{ребра}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})]}{[S_{\text{тр.}} - (d_{\text{зн.}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})] \cdot [u_{\text{ребер}} - (\delta_{\text{ребра}} + 2 \cdot \delta_{\text{ін.}})]} = 5,526 \text{мм}$ (2.322)

Щільність повітря: $\rho_{\text{в.}} = 1,293 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості: $\nu_{\text{в.}}(t_{\text{кам.}}) = 1,328 \times 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}}$

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_{в.}(t_{кам.}) = 0,024 \frac{Вт}{м \cdot C}$

Критерій Рейнольдса: $Re = 3329,106$

Число рядів труб по ходу повітря: $z = 6$

Довжина пластин по ходу повітря:
 $L = z \cdot S_{тр.} = 420мм$ (2.323)

Коефіцієнти n_1 m:
 $n_1 = 0,45 + 0,0066 \cdot \frac{L}{d_{екв.}} = 0,952$ (2.324)

$m_1 = -0,28 + 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot Re = -0,014$ (2.325)

$C_1 = 0,1$

Критерій Нусельта:
 $Nu = C_1 \cdot Re^{n_1} \cdot \left(\frac{L}{d_{екв.}}\right)^{m_1} = 211,901$ (2.326)

Конвекційний коефіцієнт тепловіддачі повітря:
 $\alpha_{п.} = \frac{\lambda_{в.}(t_{кам.}) \cdot Nu}{d_{екв.}} = 935,594 \frac{Вт}{м^2 \cdot C}$ (2.327)

Коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням випадіння вологи:
 $\alpha_{вл.}(t_{пов.}) = \alpha_{п.} \cdot \xi(t_{пов.})$ (2.328)

Приведений коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням термічного опору інею:
 $\alpha_{ін.}(t_{пов.}) = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{вл.}(t_{пов.})} + R_{ін.}\right)}$ (2.329)

Умовна висота ребра:
 $\rho' = 1,15 \cdot \frac{S_{тр.}}{d_{зн.} + 2 \cdot \delta_{ін.}}$ (2.330)

$h' = \frac{(d_{зн.} + 2 \cdot \delta_{ін.})^2}{2} \cdot (\rho' - 1) \cdot (1 + 0,35 \cdot \ln(\rho'))$ (2.331)

$Re = \frac{v_{п.} \cdot d_{екв.}}{v_{в.}(t_{кам.})}$ (2.332)

$m'(t_{пов.}) = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{ін.}(t_{пов.})}{\delta_{ребра} \cdot \lambda_{ребра}}}$ (2.333)

$mh(t_{пов.}) = m'(t_{пов.}) \cdot h$ (2.334)

Коефіцієнт ефективності ребра:
 $E_p(t_{пов.}) = \frac{\tanh(mh(t_{пов.}))}{mh(t_{пов.})}$ (2.335)

Ефективність зовнішньої поверхні:
 $E_{зн.}(t_{пов.}) = \chi \cdot E_p(t_{пов.}) + \frac{1 - \chi \cdot E_p(t_{пов.})}{\beta'}$ (2.336)

Визначаємо приведенний коефіцієнт тепловіддачі труб з оребрення:
 $\alpha_{ор.}(t_{пов.}) = \alpha_{ін.}(t_{пов.}) \cdot E_{зн.}(t_{пов.}) \cdot \beta$ (2.337)

Вичислюємо логарифмічну різницю температур:
 $\theta_{лог.}(t_{пов.}) = \frac{t_{вх.} - t_{вих.}}{\ln\left(\frac{t_{вх.} - t_{пов.}}{t_{вих.} - t_{пов.}}\right)}$ (2.338)

Записуємо залежність щільності теплового потоку з сторони повітря від температурного напору:
 $q_{зн.п.}(t_{пов.}) = \theta_{лог.}(t_{пов.}) \cdot \alpha_{ор.}(t_{пов.})$ (2.339)

Масові витрати агенту: $G_a = 0,011975 \frac{кг}{сек}$

Кількість пари на вході в повітроохолоджувач: $\chi_1 = 21,8\%$

Кількість пари на виході в повітроохолоджувача: $\chi_2 = 21,8\%$

Середні масові витрати агенту:

$$Ga_{\text{сер.}} = \frac{Ga \cdot \chi_1 + Ga \cdot \chi_2}{2} = 0,007 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} \quad (2.340)$$

Робоча речовина NH₃

Теплофізичні властивості рідини:

$$\rho' = 1315 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$r = 212,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\lambda' = 0,098 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$$

$$\mu' = 2,83 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{сек}$$

$$Pr' = 3,32$$

Теплофізичні властивості пара:

$$\rho'' = 15,36 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 3,55 \text{ бар}$$

$$\lambda'' = 9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{С}}$$

$$\mu'' = 1,172 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{сек}$$

Приведена швидкість рідинної фази:

$$w'_{\text{р.}} = \frac{4 \cdot Ga_{\text{сер.}}}{\pi \cdot d_{\text{вн.}}^2 \cdot \rho'} = 0,017 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \quad (2.341)$$

Приведена швидкість парової фази:

$$w'_{\text{п.}} = \frac{4 \cdot Ga_{\text{сер.}}}{\pi \cdot d_{\text{вн.}}^2 \cdot \rho''} = 1,449 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \quad (2.342)$$

Приведений критерій Рейнольдса рідинної фази:

$$Re'_{\text{р.}} = \frac{w'_{\text{р.}} \cdot d_{\text{вн.}} \cdot \rho'}{\mu'} = 1573,193 \quad (2.343)$$

Приведений критерій Рейнольдса парової фази:

$$Re'_{\text{п.}} = \frac{w'_{\text{п.}} \cdot d_{\text{вн.}} \cdot \rho''}{\mu''} = 37987,515 \quad (2.344)$$

Швидкість циркуляції:

$$w_{\text{ц.}} = w'_{\text{р.}} + \frac{\rho''}{\rho'} \cdot w'_{\text{п.}} = 0,034 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \quad (2.345)$$

$$Fr_0 = \frac{w_{\text{ц.}}^2}{g \cdot d_{\text{вн.}}} = 0,006 \quad (2.346)$$

Критерій Нусельта для дисперсних режимів:

$$Nu = 0,018 \cdot Re'_{\text{п.}}^{1,19} \cdot Re'_{\text{р.}}^{-0,3} \cdot Pr'^{0,3} = 798,642 \quad (2.347)$$

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони агенту:

$$\alpha = Nu \frac{\lambda'}{d_{\text{екв.}}} = 3901,365 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}} \quad (2.348)$$

Записуємо залежність щільності теплового потоку, зі сторони агенту, віднесenu до зовнішньої поверхні труби:

$$q_{\text{зн. аг.}}(t_{\text{пов.}}) = \frac{t_{\text{пов.}} - t_0}{\beta \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{R NH}_3}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{труб.}}} \right)} \quad (2.349)$$

Вирішуємо графічно, отримані вище рівняння, відносно $t_{\text{пов.}}$:

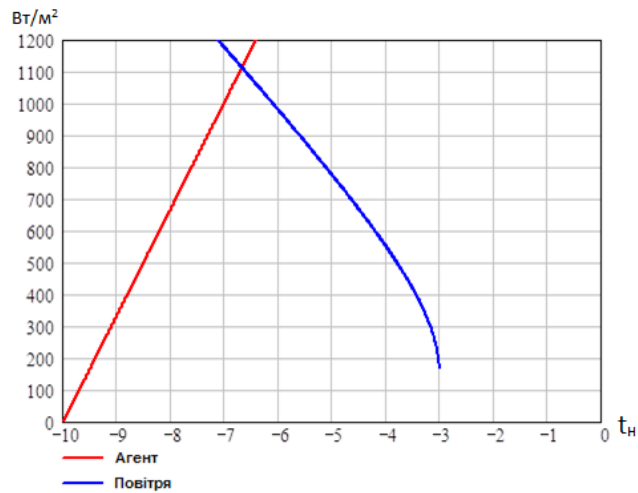


Рисунок 2.8. Графік залежності навантаження на повітроохолоджувач від температури

$$t_{н.} = -6,679^{\circ}\text{C}$$

$$q = q_{\text{зн.аг.}}(t_{н.}) = 1112,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (2.350)$$

Площа поверхні повітроохолоджувача:

$$F_{\text{п.о.}} = \frac{Q_0}{q} = 12,782 \text{ м}^2 \quad (2.351)$$

Масова витрата повітря:

$$G_{\text{пов.}} = \frac{Q_0}{\xi(t_{\text{зн.}})C_{\text{в.п.}} \cdot \Delta t} = 1,558 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} \quad (2.352)$$

Об'ємні витрати:

$$V_{\text{в.}} = \frac{G_{\text{в.}}}{\rho_{\text{в.}}} = 1,205 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}} = 4338,396 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (2.353)$$

Час намерзання інею:

$$\tau_{\text{ін.}} = \frac{2 \cdot \delta_{\text{ін.}} \cdot F_{\text{п.о.}} \cdot \rho_{\text{ін.}}}{w_{\text{п.о.}}} = 42,631 \text{ хв.} \quad (2.354)$$

Підбираємо повітроохолоджувач Intercool BFT-GJ85

2.5.6. Розрахунок конденсатора

Розрахунок конденсатора

Вихідні дані:

Теплове навантаження на конденсатор: $Q = 214 \text{ кВт}$

Температура зовнішнього повітря: $t_{\text{зн.}} = 32^{\circ}\text{C}$

Температура води на вході: $t_{\text{w1.}} = t_{\text{зн.}} + (3 \dots 4)^{\circ}\text{C} = 32 + 3 = 35^{\circ}\text{C}$

Температура води на виході: $t_{\text{w2.}} = t_{\text{w1.}} + (3 \dots 5)^{\circ}\text{C} = 35 + 4 = 39^{\circ}\text{C}$

Температура конденсації: $t_{\text{к.}} = t_{\text{w2.}} + (2 \dots 4)^{\circ}\text{C} = 39 + 3 = 42^{\circ}\text{C}$

Підбираємо конденсатор аміачний горизонтальний кожухотрубний.

Визначаємо середньо логарифмічну різницю температур в апараті [Л.1, ф.62]

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{w2.}} - t_{\text{w1.}}}{\ln \frac{t_{\text{к.}} - t_{\text{w1.}}}{t_{\text{к.}} - t_{\text{w2.}}}} = \frac{39 - 35}{\ln \frac{42 - 35}{42 - 39}} = 4,7^{\circ}\text{C} \quad (2.355)$$

Витрати води, яка проходить через конденсатор [Л.1, ф.60]

$$G_{\text{w}} = \frac{Q_{\text{кд}}}{\Delta t_{\text{w}} \cdot c_{\text{w}}} = \frac{214}{(39 - 35) \cdot 4,174} = 12,8 \text{ кг/с} \quad (2.356)$$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Поверхня теплообміну

$$F_{\text{вн}} = \frac{Q_{\text{кд}}}{k \cdot \theta_{\text{ср}}} = \frac{214 \cdot 10^3}{700 \cdot 4,7} = 65 \text{ м}^2 \quad (2.357)$$

Вибираємо 1 конденсатор марки КГТ-80

Габаритні розміри:

Довжина/ширина/висота – 5510/910/1000 мм

Площа поверхні: $F = 81,5 \text{ м}^2$

Внутрішній діаметр обичайки: $D_{\text{вн}} = 600 \text{ мм}$

Маса апарата: 2430кг

Допоміжним обладнанням для компресорного цеху є: циркуляційний ресивер, лінійний та дренажний ресивери, проміжна посудина і аміачні насоси.

2.6. Розрахунок і вибір допоміжного обладнання

Циркуляційний ресивер

Циркуляційний ресивер повинен бути розрахований на прийом зверх робочого заповнення рідкого аміаку, який зливається з приборів охолодження. Ця кількість рідкого холодильного агенту складає не менше 30% від загальної кількості холодильного агенту у випаровуючій системі.

Розрахунок ведемо для найбільшої системи охолодження.

$$V_{\text{ц.р.}} = V_{\text{охол.}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \text{ м}^3 \quad (2.358)$$

Де $V_{\text{охол.}}$ – місткість охолоджуючих приладів

$$V_{\text{охол.}}^{-10} = 0,534 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{охол.}}^{-30} = 1,347 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{охол.}}^{-40} = 1,54 \text{ м}^3$$

Таблиця 2.4. Кількості холодильного агенту у випаровуючій системі

Коефіцієнт	Що враховується	В насосноцирк. схемах з нижньою подачею
k_1	Заповнення труб в П/О	0,7
k_2	Кількість аміаку, яка викидається з приладів охолодження	0,3
k_3	Місткість колекторів та трубопроводів	1,2
k_4	Робоче заповнення ресиверів для забезпечення встановленої роботи насосів	1,4
k_5	Допустиме значення ресиверів	1,3
k_6	Запас місткості	1,2

Тоді:

$$V_{\text{ц.р.}}^{-10} = 0,534 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 0,29, \text{ м}^3 \quad (2.359)$$

$$V_{\text{ц.р.}}^{-30} = 1,347 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 0,74, \text{ м}^3 \quad (2.360)$$

$$V_{\text{ц.р.}}^{-40} = 1,54 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 0,84, \text{ м}^3 \quad (2.361)$$

Лінійний ресивер

Повинен вміщувати аміаку 60% об'єму батарей і повітроохолоджувачів в автоматизованих насосно-циркуляційних системах з нижньою подачею аміаку.

$$V_{л.р.} = \frac{0,6 \cdot V_{охол.}}{0,5} \cdot 1,2 = 1,45 \cdot V_{охол} = 1,45 \cdot 3,42 = 4,95 \text{ м}^3 \quad (2.362)$$

Де 0,5 – коефіцієнт враховуючий норму заповнення ресивера при експлуатації (50% від об'єму)

Дренажний ресивер

Повинен забезпечувати можливість зливі аміаку з приладів охолодження самої великої камери. Для насосно-циркуляційної системи об'єм дренажного ресивера може бути прийнятий по місткості найбільшого циркуляційного ресивера.

$$V_{д.р.} = \frac{0,6 \cdot V_{охол.}}{0,8} \cdot 1,2 = 1,5 \cdot V_{охол} = 1,5 \cdot 0,84 = 1,26 \text{ м}^3 \quad (2.363)$$

Де 0,8 – норма заповнення дренажного ресивера при зливі з нього аміаку при відтаюванні снігової шуби (80% від об'єму)

1,2 – коефіцієнт запасу

Виходячи з вищевказаного розрахунку можна прийняти:

Циркуляційний ресивер - 1,5 РДВ - 3 шт. табл. 5.23[1]

Дренажний ресивер - 1,5 РД - 1 шт. табл. 5.22[1]

Лінійний ресивер - 2,5 РВ - 2 шт. табл. 5.21[1]

Підбір маслозбірника

Маслозбірник призначений для перепуску в ньому мастила з системи при низькому тиску. Вони підключені в схему і визначаються числом і розмірами апаратів, які обслуговують.

Підбираємо один масло збірник 500СМ. табл. 5.26[1]

Аміачний насос

По масовій холодопродуктивності підібраний аміачний насос:

1,25 ХГ – 6 – 2,8 (ЦНГ – 70М – 1) на кожну температуру кипіння.

Розрахунок діаметра трубопроводів

Розрахункові швидкості агента для температури кипіння -40°C :

Всмоктуюча лінія: $W_{вс.} = 12,9 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Нагнітаюча лінія: $W_{н.} = 15,4 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Рідинна лінія: $W_{рід.} = 0,86 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Масова витрата агента: $G_{км 40.} = 888,872 \frac{\text{кг}}{\text{год.}}$

Питомий об'єм на всмоктуванні в КМ: $V_{10.} = 213,122 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Питомий об'єм на нагнітанні в КМ: $V_{11.} = 76,67 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Питомий об'єм перед РВ: $V_{7.} = 0,758 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Розрахункові діаметри трубопроводів:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$d_{вс.40} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.40}}{\pi \cdot w_{вс.}}} \cdot v_{10} = 72,068 \text{ мм} \quad (2.364)$$

$$d_{н.40} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.40}}{\pi \cdot w_{н.}}} \cdot v_{11} = 39,562 \text{ мм} \quad (2.365)$$

$$d_{рід.40} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.40}}{\pi \cdot w_{рід.}}} \cdot v_{7'} = 16,646 \text{ мм} \quad (2.366)$$

З асортименту сталевих безшовних труб вибираємо:

$$d_{вс.40} = 70\text{мм} \quad d_{н.40} = 40\text{мм} \quad d_{рід.40} = 16\text{мм}$$

Розрахункові швидкості агента для температури кипіння -30°C :

Всмоктуюча лінія: $w_{вс.} = 12,9 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Нагнітаюча лінія: $w_{н.} = 15,4 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Рідинна лінія: $w_{рід.} = 0,86 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Масова витрата агента: $G_{км.30} = 1313,303 \frac{\text{кг}}{\text{год.}}$

Питомий об'єм на всмоктуванні в КМ: $v_5 = 143,256 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Питомий об'єм на нагнітанні в КМ: $v_6 = 73,921 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Питомий об'єм перед РВ: $v_{7'} = 0,758 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Розрахункові діаметри трубопроводів:

$$d_{вс.30} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.30}}{\pi \cdot w_{вс.}}} \cdot v_5 = 71,82 \text{ мм} \quad (2.367)$$

$$d_{н.30} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.30}}{\pi \cdot w_{н.}}} \cdot v_6 = 47,218 \text{ мм} \quad (2.368)$$

$$d_{рід.30} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.30}}{\pi \cdot w_{рід.}}} \cdot v_{7'} = 20,234 \text{ мм} \quad (2.369)$$

З асортименту сталевих безшовних труб вибираємо:

$$d_{вс.40} = 70\text{мм} \quad d_{н.40} = 50\text{мм} \quad d_{рід.40} = 20\text{мм}$$

Розрахункові швидкості агента для температури кипіння -10°C :

Всмоктуюча лінія: $w_{вс.} = 13,1 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Нагнітаюча лінія: $w_{н.} = 10,3 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Рідинна лінія: $w_{рід.} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{сек.}}$

Масова витрата агента: $G_{км.30} = 3896,546 \frac{\text{кг}}{\text{год.}}$

Питомий об'єм на всмоктуванні в КМ: $v_1 = 69,531 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Питомий об'єм на нагнітанні в КМ: $v_2 = 18,018 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Питомий об'єм перед РВ: $v_{3'} = 0,892 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг.}}$

Розрахункові діаметри трубопроводів:

$$d_{вс.10} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.10}}{\pi \cdot w_{вс.}}} \cdot v_1 = 85,526 \text{ мм} \quad (2.370)$$

$$d_{н.10} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{км.10}}{\pi \cdot w_{н.}}} \cdot v_2 = 49,1 \text{ мм} \quad (2.371)$$

$$d_{\text{рід.10}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{км.10}}}{\pi \cdot w_{\text{рід.}}}} \cdot v_{3'} = 32,006 \text{ мм} \quad (2.372)$$

З асортименту сталевих безшовних труб вибираємо:

$$d_{\text{вс.40}} = 100\text{мм} \quad d_{\text{н.40}} = 50\text{мм} \quad d_{\text{рід.40}} = 32\text{мм}$$

2.7 Принцип роботи холодильної установки.

Схеми із трьома температурами кипіння (-40, -30, -10°C) застосовують для охолодження камер у великих холодильниках, що мають три групи камер відповідно з температурами -30, -20 і 0°C. Установлюємо три циркуляційні ресивери 1РЦ, 2РЦ і 3РЦ для температур кипіння холодоагенту відповідно -40, -30 і -10°C, кожний зі своєю групою циркуляційних насосів. Тиск в циркуляційних ресиверах відповідно до заданих температур кипіння підтримуються компресорами щаблів низького й високого тисків.

Перегрітий пар аміаку всмоктується компресором низького тиску (КМНД), стискається в ньому до проміжного тиску p_{np} і нагнітається в проміжний посуд (ПС) під рівень рідкого холодоагенту. Барбуючи через шар рідини пар охолоджується до насиченого стану, а потім знову перегрівается і всмоктується компресором другої ступені (КМВД). У компресорі (КМВД) пар стискається від p_{np} до тиску конденсації p_k нагнітаючись у конденсаторі. При цьому вода відводить теплоту від холодоагенту. Аміак охолоджується до температури насиченості і конденсується при постійній температурі t_k і тиску конденсації p_k . Рідкий холодоагент з високим тиском поступає до регулюючого вентиля, де дроселюється у прохідному перерізі відповідного розміру від p_k до p_0 . При дроселюванні температура його зменшується до t_0 за рахунок швидкого випарювання частини рідини.

Для підключення кожного з компресорів СНТ до ліній Г₋₄₀ або Г₋₃₀ кожний з них має по два усмоктувальні вентиля. По два нагнітальні вентиля на компресорах СНТ встановлено для того, щоб при низьких тисках нагнітання (узимку) можна було подавати пару не в проміжну посудину ПС, а відразу в конденсатор, тобто працювати за схемою одноступінчастого стиску.

Компресор СВТ одночасно відсмоктує пари зі ЗРЦ і ПС, тому тиск у проміжній посудині ПС таке ж, як і в ресивері ЗРЦ, тобто відповідній температурі кипіння -15°C. Таким чином, розглянута схема є двоступінчастою насосно-циркуляційною схемою з фіксованим проміжним тиском.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

3. Автоматизація холодильної установки

3.1 Автоматичний захист

Автоматизація холодильної установки передбачає оснащення об'єктів автоматизації (елементів холодильних установок) автоматичними пристроями (приладами і засобами автоматизації), за допомогою яких забезпечується безпечна робота холодильних установок та проведення виробничого процесу або окремих операцій без особистої участі обслуговуючого персоналу або з частковою його участю.

Об'єкти автоматизації разом з автоматичними пристроями утворюють системи автоматизації, що можуть виконувати різні функції: контролю, сигналізації, захисту, регулювання і керування.

Автоматизація підвищує економічну ефективність роботи холодильних установок, тому що зменшується чисельність обслуговуючого персоналу, знижується витрата електроенергії, води й інших матеріалів, збільшується термін служби холодильних установок унаслідок підтримки автоматичними пристроями оптимального режиму їхньої роботи.

Автоматизація вимагає капітальних витрат, тому її рівень треба вибирати, ґрунтуючись на результатах техніко-економічного аналізу. Холодильну установку можна автоматизувати частково, комплексно або цілком.

Часткова автоматизація передбачає обов'язковий для всіх холодильних установок автоматичний захист, а також контроль, сигналізацію, і керування.

Обслуговуючий персонал регулює контрольовані параметри при відхиленні їх від заданих значень і при порушенні працездатності устаткування, про що інформують системи контролю і сигналізації. Обслуговуючий персонал регулює контрольовані параметри при відхиленні їх від заданих значень і при порушенні працездатності устаткування, про що інформують системи контролю і сигналізації.

При комплексній автоматизації система автоматичного регулювання підтримує основні параметри (температури і вологості повітря в камерах, температури кипіння і конденсації холодильного агента і ті.), а деякі допоміжні періодичні процеси (відтаювання інею з поверхні охолоджувальних приладів видалення мастила з системи) викочується вручну.

Повна автоматизація охоплює всі процеси, зв'язані з підтримкою необхідних параметрів в охолоджуваних приміщеннях і елементах холодильної установки. Тому обслуговуючий персонал може бути присутній періодично. Повною автоматизацією оснащуються невеликі по потужності холодильні установки, що мають високі показники безвідмовності і довговічності.

Для великих промислових холодильних установок більш характерна комплексна автоматизація.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	48	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.								

3.2 Автоматичне регулювання

Система автоматичного регулювання призначена для підтримки необхідних параметрів у заданих межах.

У холодильних установках автоматично регулюють наступні параметри:

1. Температуру кипіння холодоагенту у випарній системі.
2. Тиск конденсації.
3. Температура повітря в камерах.
4. Рівень рідкого холодоагенту в проміжних сосудах і циркуляційних ресиверах
5. Видалення інею.

Регулювання температури кипіння t_0

Виконується регулюванням тиску випарювання холодоагенту P_0 , яке у свою чергу регулюється холодопродуктивністю компресорів. Існує ряд способів регулювання холодопродуктивності компресорів:

- пуск-зупинка компресорів,
- електромагнітний отжим всмоктувальних клапанів, тобто відключення частини циліндрів компресора, найбільш простим і розповсюдженим є спосіб регулювання холодопродуктивності пуском зупинкою компресорів за допомогою регуляторів температури. При цьому способі кожний з декількох компресорів включається і відключається своїм реле температури.

Настроювання реле виконується по температурі кипіння, по пропорційному чи астатичному кроковому закону.

Регулювання тиску конденсації

При високому тиску конденсації збільшується витрата електроенергії на стиснення парів, знижується надійність машини.

Небезпечні режими роботи на холодильних установках можуть викликати важкі наслідки для обслуговуючого персоналу і стану холодильного устаткування.

Високий тиск нагнітання

Приводить до порушення герметичності апаратів і трубопроводів, вибуху і витоку холодоагенту.

До підвищення тиску нагнітання приводить зменшення подачі повітря в конденсатори, пуск компресора на закритий вентиль. Захист забезпечується за допомогою реле тиску, відбір тиску виконується до реле до нагнітального, вентилля.

Знижений тиск всмоктування

Знижений тиск кипіння холодоагенту викликає небезпеку заморожування холодоносія у випарниках, а також до викиду мастила з картера компресора, а при тиску кипіння нижче атмосферного до підсмоктування повітря в систему.

Для захисту використовується реле низького тиску або блок низького тиску двоблочного реле тиску.

Підвищена температура нагнітання

Приводить до перегріву компресора, до розкладання мастила, його спалаху. До перегріву приводить знос деталей компресора, недостатнє змащення, потрапляння повітря в систему й ін.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Захист виконується за допомогою реле температури, термочутливий елемент якого встановлюється до нагнітального вентиля.

Вологий хід

Знижує холодопродуктивність компресора, створює небезпеку гідравлічного удару поршня по клапанній дошці. Причиною вологого ходу є неправильне заповнення випарників, переповнення холодоагентом випарника.

Технічні дані приладів автоматичного регулювання

Прилади автоматичного регулювання холодильної установки та їх технічні дані зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Технічні дані приладів автоматичного регулювання

Параметр що регулюється	Марка приладу	Настройка
Температура кипіння холодоагенту (холодопродуктивність)	ЕКА151	Пропорційно крокова
Температура повітря в камерах	ЕКА 151	По заданій ї об'єкту
Рівень холодоагенту у циркуляційному ресивері	Реле рівня АКС-38	80% об'єму ресивера
Рівень холодоагенту у циркуляційному ресивері	Реле рівня АКС - 38	30% об'єму ресивера
Тиск конденсації	Реле різниці температур	$\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$

Для захисту від вологого ходу в аміачних установках використовують реле рівня.

Для надійності спрацьовування встановлюють по 2 реле, що взаємодублюють один одного. Ці реле зупиняють компресори при переповненні посудів з холодоагентом.

Захист електродвигунів

Короткі замикання і перевантаження електродвигунів викликають неприпустимий перегрів обмоток. Причинами цього можуть бути: обрив однієї фази, зниження напруги мережі, пуск при підвищеному тиску чи нагнітання всмоктування. Короткі замикання виникають при ушкодженні ізоляції обмоток.

Для захисту від короткого замикання застосовуються запобіжники, автоматичні вимикачі з електромагнітним відсіченням. Від перевантажень електродвигуни захищають тепловими або реле автоматами з тепловим захистом.

Датчик встановлюється на кожні 75-100м² площі машинного відділення.

Захист від підвищення концентрації аміаку в приміщенні

Підвищення концентрації аміаку в приміщенні до 0,5-1 мг/л. чи 0,07-0,14% є небезпечним. Прилад захисту посилає попереджувальний сигнал персоналу і включає приточно-витяжну вентиляцію. При підвищенні концентрації до 1,5 мг/л. прилад включає звуковий сигнал, відключає живлення холодильної установки, включає аварійну вентиляцію.

Датчик встановлюється на кожні 75-100 м площі машинного відділення.

Технічні дані приладів автоматичного захисту

Таблиця 3.2. Технічні дані приладів автоматичного захисту

а) захист електродвигунів

Небезпечний режим	Марка приладу	Налаштування приладу
Коротке замикання	Автоматичний АП50-3МТ	$I/I_n > 10$
Токове перевантаження	Теплове реле ТРИ, ТРП	$I/I_n = 1,3$

б) захист від підвищеної концентрації аміаку

Небезпечний режим	Марка приладу	Налаштування приладу
Висока концентрація аміаку	СКА-1	0,5-1 мг/л
	СКА-2	1,5 мг/л

3.3 Автоматична сигналізація

Сигналізація розділяється на робочу й аварійну.

Робоча сигналізація (таблиця 3.3) інформує оперативний персонал про включення чи відключення устаткування, рівень у сосудах і т.д.

Аварійна сигналізація (таблиця 3.4) подає інформацію про вихід із заданих меж різних параметрів, тобто про необхідність уживання конкретних заходів. Аварійна сигналізація вказує на причини зупинок компресорів, насосів і ін. устаткування. Частина сигнальних приладів розміщують на місцевих щитах і пультах керування, а інші на головному щиті автоматики (ГЩА). На ГЩА винесена загальна (світлова і звукова) аварійна сигналізація. Для світлової сигналізації прийняті такі кольори:

- червоний (миготливий) - аварія;
- зелений - норма;
- жовтий - попередження.

Аварійний звуковий сигнал подається сиреною.

Таблиця 3.3. Робоча сигналізація

Сигналізація	Прилади на ГЩА	Налаштування
Компресор включений	ЛС	Зелена
Компресор зупинений	ЛС	Червона
Аміачний насос включений	ЛС	Зелена
Аміачний насос зупинений	ЛС	Червона
Вентилятор включений	ЛС	Зелена
Вентилятор зупинений	ЛС	Червона

Таблиця 3.4. Аварійна сигналізація

Сигналізація	Прилад	Настроювання
Аварія	ЛС Сирена	Червона мерехтлива
Компресор зупинений захистом	ЛС на ГЩА	Червона мерехтлива
Високий тиск нагнітання Висока температура нагнітання Немає протока води Порушення режиму змащення	Пульт керування компресором по місцю	У відповідності с приладами захисту компресора
Аварійний контроль вПС вЦР вВР Низка температура усмоктування	ГГРУ-5	80% V
Аміачний насос «аварія»	РД1	0,8 Рн
Високий рівень холодоагенту в ЛР	ПРУ-5М	80% Уло
Високий рівень холодоагенту в ЛР	ПРУ-5М	80% Уло
Низький рівень холодоагенту в ДР	ПРУ-5М	20% Удр
Низький рівень холодоагенту в ДР	ПРУ-5М	20% Удо
Висока концентрація аміаку в приміщенні	СКА-1	0,5 мг/л
Висока температура мастила	Пульт керування компресором	$T_m > 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура мастила "норма"		$T_m = 30-35\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.4 Контрольно-вимірвальні прилади

Для підтримки холодильного технологічного процесу необхідно знати його параметри: тиск, температуру, рівень і інші величини, що визначають за допомогою вимірвальних приладів.

У великих холодильних установках постійним оперативним персоналом використовується велика кількість місцевих і дистанційних вимірвальних приладів. У холодильних установках необхідно вимірювати температуру об'єкта охолодження, камерах, температуру і тиск кипіння холодоагенту, температуру і тиск конденсації, температуру охолоджуючої води, температуру і тиск мастила, тиск після, насосів, рівні рідкого холодоагенту в ЛР, у конденсаторах і випарниках.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Для виміру зазначених параметрів використовуються технічні термометри, логометри, пружинні манометри, мановакууметри і рівнеміри.

Вимірювальні прилади встановлюють безпосередньо на устаткуванні чи на місцевих приладових щитах в місцях, зручних для спостереження. Вторинні прилади дистанційних систем виміру встановлюють на ГЦА.

Технічні дані вимірювальних приладів

Таблиця 3.5. Технічні дані вимірювальних приладів

<i>Вимірювальний параметр</i>	<i>Марка приладу</i>	<i>Місце установки</i>
Тиск нагнітання	АМВУ1-160	Компресор
Тиск усмоктування	АМВУ1-160	Компресор
Тиск мастила в картері	АМВУ1-160	Компресор
Тиск нагнітання мастила	АМВУ1-160	Мастилонасос
Тиск у мастиловідокремлювачі	АМВУ1-160	Мастиловідокремлювач
Тиск у конденсаторі	АМВУ1-160	Компресор
Тиск в лінійному ресивері	АМВУ 1-160	Лінійний ресивер
Тиск у ВР	АМВУ 1-160	Віддільник рідини
Температура нагнітання	ТТА	Компресор
Температура всмоктування	ТТЖА	Компресор
Температура мастила	ТТБ	Компресор
Температура води на вході в конденсатор	ТТА	Конденсатор
<i>Вимірювальний параметр</i>	<i>Марка приладу</i>	<i>Місце установки</i>
Температура води на виході з конденсатора	ТТА	Конденсатор
Температура кипіння холодоагенту	ТТЖБ	Випарник
Температура в камерах	ТТЖА	Камери
Рівень холодоагенту в випарнику	ВУУ-2	Випарник
Рівень холодоагенту в лінійному ресивері	ВУУ-2	Лінійний ресивер
Рівень холодоагенту в конденсаторі	ВУУ-2	Конденсатор
Рівень холодоагенту в віддільнику рідини	ВУУ-2	Віддільник рідини
Рівень масла в масловідокремлювачі	ВУУ-2	Масловідокремлювач

4. Технічна експлуатація та технічне обслуговування холодильно-компресорної установки

4.1. Організація технічної експлуатації та технічного обслуговування

Технічна експлуатація холодильних установок – це пуск, зупинка, регулювання температурного режиму окремих елементів схеми, нагляд за справною та безпечною їх дією. На автоматизованих установках ці роботи за певною програмою виконують прилади автоматичного керування та контролю.

Технічне обслуговування – це комплекс робіт з нагляду та догляду за обладнанням у процесі його експлуатації. Зміст та періодичність виконання цих робіт визначається призначенням установки, її конструктивними особливостями та ступенем автоматизації.

Організація і виконання технічної експлуатації та технічного обслуговування передбачають:

-експлуатацію установок у цілому та їх окремих елементів у найвигіднішому температурному режимі, який надає змогу виробляти найбільшу кількість холоду з мінімальним питомим витрачанням експлуатаційних матеріалів;

-забезпечення безаварійної роботи основного та допоміжного обладнання, дотримання обладнання, а також систем трубопроводів у надійному справному стані в період між плановими ремонтами;

-розробку та застосування профілактичних заходів, направлених на продовження терміну служби машин, апаратів і трубопроводів;

-створення умов для безпечної роботи обслуговуючого персоналу в машинних залах, апаратних відділеннях та ін.

Технічне обслуговування основного та допоміжного обладнання і комунікацій трубопроводів здійснює штат машинного відділення. До штату цеху належать механіки, машиністи, апаратники, слюсарі, наладчики приладів та електромонтери, які працюють позмінно або за встановленим графіком. Організація роботи компресорного цеху здійснюється начальником цеху і старшим механіком.

В оперативній роботі обслуговуючий персонал керується технічними документами та інструкціями, зміст яких своєчасно повинен доводитися до відома відповідальних виконавців. У машинних залах і апаратних відділеннях вивішуються схеми трубопроводів та схеми автоматизації холодильних установок, креслення найскладніших механізмів та їх вузлів, а також інструкції з обслуговування машин та апаратів, включаючи необхідні відомості про охорону праці. При вході до холодильної камери та інших приміщень з холодильним обладнанням, де можливе перебування людей, які не пройшли спеціальну підготовку, вивішуються інструкції з техніки безпеки, що регламентують поведінку людей у небезпечних зонах.

Робота машинного відділення пов'язана з діяльністю основних технічних відділів підприємства: відділу головного енергетика, відділу головного механіка і будівельного відділу.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	53	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.								

Відділ головного енергетика обслуговує все енергетичне господарство підприємства. Відділ головного механіка завідує різноманітними видами механічного обладнання загального призначення (підйимально-транспортного, вагового та ін.), засобами санітарного благоустрою приміщень (водозабезпеченням, опаленням, вентиляцією), ремонтною базою, яка виконує роботи з ремонту всіх видів обладнання, що є на підприємстві.

Загальна організаційна робота з технічної експлуатації холодильних установок здійснюється керівництвом головного інженера підприємства, якому підпорядковані всі технічні відділи.

Автоматизовані холодильні установки малої та середньої продуктивності на підприємствах знаходяться під завідуванням головного механіка підприємства або інженера з обслуговування холодильного об'єднання. Технічне обслуговування установок здійснюють спеціалізовані виробничі підприємства з холодильного обладнання на підставі договорів. Лінійні механіки або слюсарі цих підприємств за встановленим графіком відвідують закріплені за ними холодильні установки для виконання робіт технічного обслуговування. Вони несуть відповідальність за справність холодильних установок і в своїй роботі керується також відомчими інструкціями.

Режим роботи компресорної холодильної установки характеризується температурами: кипіння $t_0 = -28^{\circ}\text{C}$, конденсації $t_k = +38^{\circ}\text{C}$, переохолодження агенту перед регулювальним вентиляем $t_n = 33^{\circ}\text{C}$, всмоктування $t_{\text{вс}} = -18^{\circ}\text{C}$, нагнітання $t_n = 119,1^{\circ}\text{C}$. У справно діючій установці ці температури є функціями двох незалежних змінних температур: охолоджуваного об'єкту $t_{\text{об}}$ та охолоджувального середовища конденсатора і переохолоджувача $t_{\text{ох.сер}}$.

При нормальному режимі роботи кожному значенню незалежних змінних температур $t_{\text{об}}$ та $t_{\text{ох.сер}}$ відповідають цілком визначені значення t_0 , t_k , t_n , $t_{\text{вс}}$, t_n . Відхилення цих температур від нормальних значень свідчить про наявність несправностей у роботі установки.

Найекономічнішим є режим роботи установки з якомога вищою температурою кипіння та якомога нижчими температурами конденсації і переохолодження. Але підвищення температури кипіння обмежене певною температурою охолоджуваного об'єкта, а пониження температур конденсації та переохолодження - температурами охолоджувальних середовищ конденсатора та переохолоджувача.

Окрім цього, у конденсаторі, випарнику та переохолоджувачі між середовищами, які обмінюються теплом, повинна зберігатись відповідна різниця температур. Чим менша ця різниця, тим вищою буде t_0 та нижчою t_k та t_n . Однак зменшення різниці температур між середовищами вимагає збільшення розмірів теплопередавальної поверхні апаратів.

Наявність несправностей або дефектів у роботі компресорів, апаратів і систем негайно позначається на температурному режимі роботи установки, що обумовлюється відхиленням його від нормального. Нормальний режим для кожного конкретного моменту роботи визначається на підставі розрахункових різниць температур. При цьому початковими для розрахунку нормального температурного режиму є температура об'єкту, який підлягає охолодженню, та температури середовищ конденсатора і переохолоджувача.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						54

Аналізуючи температурний режим, слід мати на увазі, що температури кипіння і конденсації визначаються за показаннями манометрів або мановакуумметрів. Для переходу від тисків до температур використовуються таблиці термодинамічних властивостей холодильних агентів (манометри для холодильних агентів завжди обладнані температурною шкалою).

Наявність несправностей під час роботи основних теплообмінних апаратів призводить до зниження температури (тиску) конденсації, викликаючи відповідний зсув інших температурних параметрів, які характеризують роботу холодильної установки.

4.2. Пуск, зупинка та обслуговування холодильних установок

4.2.1. Пуск та зупинка

Виконання робіт під час пуску та зупинки холодильних установок здійснюється в такій послідовності.

Підготовка до роботи системи холодної установки полягає в перевірці стану трубопроводів, запірної арматури, приладів автоматичного контролю і керування. Згідно з правилами техніки безпеки вентилі, зміна положення яких може призвести до аварії або нещасних випадків, повинні бути опломбовані. У відкритому положенні пломбуються всі вентилі на нагнітальних магістралях до конденсатора, крім нагнітальних вентилів на компресорах; у закритому положенні - вентилі аварійного випуску агента і вентилі, які відділяють апарати та ділянки системи, що ремонтуються, від діючих.

Усі вентилі за ходом агента в системі мають бути відкриті, крім регульованого та всмоктувального на компресорі. Під час ручного запуску автоматизованих установок всі соленоїдні вентилі за ходом агента відкривають уручну. Нагнітальні вентилі на компресорах, що не мають байпаса, повинні бути відкритими, а з байпасом – закритими, щоб усунути підвищення тиску в картері. Автоматичний пуск компресів з байпасом здійснюється з відкритим нагнітальним вентилем, в цьому випадку за останнім встановлюється зворотній клапан.

Вентилі, компресори, апарати і ділянки системи з приладами контролю, керування і захисту (манометри, реле тиску, покажчики рівня рідини та ін.) повинні бути закриті.

Приведення в робочий стан допоміжних систем: перевірка роботи всіх допоміжних систем; пуск pomp і перевірка системи централізованої подачі змащування до компресорів та інших механізмів.

Підготовка до роботи основних і допоміжних апаратів полягає в приведенні їх до такого стану, при якому вони почнуть діяти, як тільки почнеться циркуляція робочого тіла і врівноважаться температурні перепади.

Для конденсаторів та переохолоджувачів: подача охолоджувальної води, перевірка рівномірності омивання водою теплопередавальних поверхонь, перевірка кількості води, вмикання вентиляторів у конденсаторів повітряного охолодження.

Для випарників і систем теплоносіїв: пуск мішалок відкритих випарників, перевірка правильності циркуляції теплоносія у баці, вмикання центробіжних pomp для циркуляції теплоносія в охолоджувальній системі, перевірка поступання теплоносія до приладів охолодження камер, повітроохолоджувачів та інших

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

охолоджувальних пристроїв, перевірка положення шиберів повітряних каналів для циркуляції і подачі зовнішнього повітря у камері, вмикання вентиляторів.

Для відділювачів рідини і циркуляційних ресиверів: перевірка рівня рідкого агента, підготовка до роботи і пуск аміачних циркуляційних pomp, перевірка положення клапанів запірної арматури на розподільчих колекторах рідкого агента випарних систем.

Для приладів контролю, захисту та автоматичного керування: перевірка справності дії приладів, встановлених на апаратах і пультах керування.

Вмикання компресорів і пуск системи здійснюється таким чином. Перевіряють додатково положення клапанів запірної арматури компресора: всмоктувальний ventиль повинен бути закритий, нагнітальний ventиль у компресорів, що вмикаються з байпасом, — закритий, а у компресорів без байпаса та автоматично діючих — відкритий; ventили на трубопроводах до манометрів і приладів автоматичного контролю — відкриті.

Перевіряють систему змащування: рівень мастила у картері і масляних бачках повинен знаходитись у межах 1/3 - 2/3 вказівного скла; у горизонтальних компресорів перевіряють роботу системи змащування шляхом прокачування мастила маслопомпою, яка приводиться в дію від руки; у горизонтальних компресорів, які забезпечені окремими масляними агрегатами, вмикають помпу агрегату; перевіряють і регулюють подачу мастила до вузлів тертя.

Вводять в дію пристрої, які об'легшують пуск компресора: відкривають ventиль байпаса, відтискають пластини всмоктувальних клапанів.

Перевіряють механізм руху компресора шляхом повертання маховика рукою на 2-3 оберти валу; в горизонтальних компресорів за необхідності огляду механізму руху розкривають кришки картера.

Включають подачу охолоджувальної води на сорочки циліндрів та у змішувачі систем змащування. Здійснюють пуск електродвигуна компресора і дають витримку часу для досягнення встановленої частоти обертання валу.

Вводять у робочий стан компресор: закривають ventиль байпаса і одночасно відкривають нагнітальний ventиль або звільнюють пластини всмоктувальних клапанів; повільно відкривають всмоктувальний ventиль при постійному контролі тиску і температури всмоктування та нагнітання. Контроль здійснюють з метою попередження гідравлічних ударів у циліндрах та додаткової перевірки справності дії конденсатора і правильності положення клапанів запірної арматури на нагнітальному трубопроводі. Всмоктувальний патрубок і циліндри не повинні швидко покриватися інеєм, а тиск конденсації — сильно перевищувати робочий тиск для даної температури охолоджувального середовища.

Вводять у дію систему холодильної установки. Після того, як тиск у випарній системі знизиться і відповідатиме температурі охолоджуваного об'єкту, а температура нагнітання буде свідчити про сухий хід компресора, відкривають регульовальний ventиль і регулюють ним подачу рідкого агента у випарну систему.

Керування роботою та обслуговування холодильної установки полягає у такому: постійно контролюють роботу випарної системи та коректують поступання до неї рідкого агента, перевіряють стан компресора та допоміжних механізмів, справність дії апаратів і систем, вживають заходів, що забезпечують

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					56

справну роботу всіх елементів холодильної установки та безпеку обслуговуючого персоналу.

Зупинка компресора та системи полягає в такому: закривають регулювальний вентиль, відсмоктують агент з випарної системи до тиску на $(0,3-0,5) \cdot 10^5$ Па нижче від тиску, який відповідає нормальній температурі кипіння (для захисту компресора від вологого ходу під час наступного пуску), закривають всмоктувальний вентиль, вимикають компресор, закривають нагнітальний вентиль. Потім включають подачу теплоносіїв на конденсатор, випарник, повітроохолоджувачі, виключають допоміжні системи.

4.2.2. Регулювання подачі рідкого агента до випарної системи.

Мета регулювання подачі рідкого агента до випарної системи полягає у забезпеченні контакту найбільшої площі теплопередавальної поверхні випарної системи з холодильним агентом, який кипить, при сухому ході компресора. Це забезпечує встановлення найменшої різниці температур між температурою охолоджуваного об'єкту та температурою кипіння і відповідно підвищення ефективності роботи установки, оскільки для стінок, що змочуються агентом, коефіцієнт теплопередачі має найбільше значення.

У випарних системах затопленого типу оптимальний режим досягається підтриманням у апаратах встановленої норми заповнення об'єму або статичного рівня рідкого агента. У кожухотрубних випарниках заповнення повинно бути: аміачних — близько 80 % об'єму.

У незатоплених випарних системах змочування всієї або встановленої частини теплопередавальної поверхні досягається шляхом циркуляції рідкого агента, який нагнітається помпою, або шляхом подачі агента в певній кількості терморегулювальним вентилем, діючим за температурою перегрівання пари, що виходить із випарної системи.

Під час ручного регулювання після включення установки обслуговуючий персонал за допомогою регулювального вентиля спочатку направляє до випарної системи кількість холодильного агента, необхідного для швидкого досягнення певного рівня заповнення або граничного змочування теплопередавальної поверхні, а потім підтримує поступання агента на рівні, який забезпечує оптимальні умови роботи. Прилади автоматичного регулювання виконують ту саму функцію. Якщо встановився відповідний режим, маса рідкого холодильного агента, що проходить за одиницю часу через регулюючий вентиль, повинна дорівнювати масі пароподібного агента, який всмоктується компресором.

Температура кипіння, яка є найважливішим показником економічності роботи установки, не змінюється безпосередньо регулюючим вентилем, а самовстановлюється залежно від фізичного теплового навантаження апаратів випарної системи та факторів, які впливають на коефіцієнт теплопередачі і розміри активної теплопередавальної поверхні.

Контроль за кількістю рідкого агента здійснюється:

а) в апаратах з верхньою подачею рідини — за ступенем перегрівання пари, що відходить, і за інтенсивністю обмерзання теплопередавальної поверхні;

б) в апаратах затопленого типу — вимірюванням рідкого агента спеціальними приладами, за величиною перегрівання пари і в окремих випадках за інтенсивністю обмерзання всмоктувального трубопроводу.

У системах, які містять декілька апаратів, підключених до одного всмоктувального трубопроводу, для досягнення рівномірного навантаження теплопередавальних поверхонь контролюють перегрів пари, яка відходить з кожного апарата. Такий контроль утруднений і часто полягає тільки в спостереженні за інтенсивністю обмерзання апаратів або їх всмоктувальних штуцерів, однак він необхідний, оскільки частина апаратів може працювати з неповним навантаженням у той час, як з іншої частини внаслідок переповнення агентом буде поступати волога пара.

Перегрівання пари в аміачних випарниках та приладах безпосереднього охолодження камер усіх типів, крім батарей з примусовою циркуляцією агента, що потрапляє з циркуляційного ресивера, повинно дорівнювати $5-10^{\circ}\text{C}$ (згідно з правилами техніки безпеки перегрівання пари аміаку, яка поступає у компресор, не повинно перевищувати 15°C).

Контроль за перегріванням і ступенем вологості пари, яка поступає у компресор, здійснюється за температурою всмоктування та температурою нагнітання. Цей контроль має важливе значення не тільки для підвищення ефективності, але й для безпечної дії установки: волога пара може викликати гідравлічний удар у циліндрах.

Температура всмоктування найбільш чутлива до рівня заповнення системи агентом, на її зміні ґрунтується робота терморегулювальних вентилів. Температура всмоктування змінюється в діапазоні $5-10^{\circ}\text{C}$; всмоктувальний трубопровід, покритий тепловою ізоляцією та сніговою «шубою», має значну теплову інерцію, і температури, що визначаються встановленим на ньому манометром, відстають за часом на 60 с і більше. Крім цього, за температурою всмоктування неможливо встановити ступінь вологості пари, що особисто важливо для безаварійної роботи установки.

Температура нагнітання визначається більш широким кругом параметрів. Вона залежить від температур кипіння, конденсації та всмоктування, а також ступеня вологості всмоктувальної пари (рисунк 71). Температура нагнітання змінюється у ширших границях, ніж температура всмоктування, тому служить зручним орієнтиром для контролю за роботою установки при ручному регулюванні.

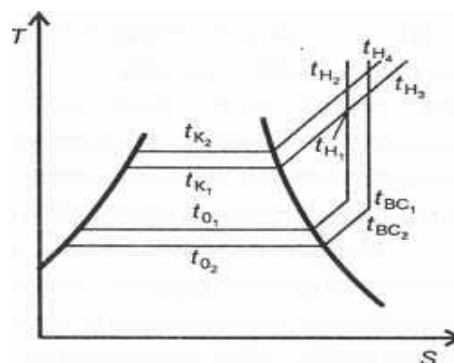


Рисунок 4.1. Зміна температури нагнітання залежно від режиму роботи установки.

Оптимальну температуру нагнітання визначають графічно, побудувавши у тепловій діаграмі цикл роботи машини для кожного конкретного режиму, враховуючи рекомендовані для даної установки температури перегрівання пари, яка всмоктується — $t_{п1}, t_{п2}, t_{п3}$.

Температура нагнітання не завжди може бути використана як точний орієнтир для регулювання, тому що на її величину впливає наявність нещільностей у клапанах та циліндрі компресора, а також температура і кількість води, яка поступає для охолодження циліндрів.

Правилами охорони праці встановлені граничні значення температур нагнітання (для вертикальних компресорів — 135°C, для горизонтальних — 150°C). Ці значення не можуть служити показниками правильності регулювання для конкретних режимів роботи.

4.3. Обслуговування компресорів і допоміжних механізмів

Обслуговування полягає в нагляді за станом обладнання та виконанні дрібного ремонту з метою забезпечення найвигідніших і безпечних режимів роботи. Робота компресорів як елементів холодильної установки характеризується температурою і тиском всмоктування та нагнітання, вологістю ходу, температурою циліндрів і температурою охолоджувальної води в сорочках циліндрів. Ці параметри, крім температури охолоджувальної води, характеризують також роботу установки в цілому і розглянуті вище. Температура води в сорочках циліндрів згідно з Правилами техніки безпеки повинна бути: яка поступає — не нижча 10 °C, яка охолоджує — не вища 45 °C.

Нагляд за компресорами і допоміжними механізмами виражається у визначенні їх стану та режиму роботи способами, які описані нижче.

Загальним оглядом визначають комплектність механізмів та їх вузлів, наявність огорож, цілісність захисних та ізоляційних покриттів, наявність зовнішніх пошкоджень, забрудненість, поступання охолоджувальних рідин, подачу змащування до вузлів тертя, роботу масляних pomp, натягування пасів, правильність центрування валів, справність і правильність показань контрольно-вимірювальних приладів тощо.

Перед пуском машин зовнішнім оглядом встановлюють правильність взаємодії вузлів, повертаючи головний вал від руки на 2-3 оберти. Зразкову величину радіальних та осьових зазорів у підшипниках визначають за величиною «гри» деталей під час прокачування їх рукою або за допомогою важеля. Зміна величини зазорів, які заповнені рідким мастилом, легко встановити за витисканням мастила або зміною форми масляного меніска.

За шумом, стуканням та вібрацією визначають ступінь зношування деталей вузлів тертя, поломку або деформацію деталей, правильність подачі змащування, інтенсивність навантаження механізму. Кожне рухоме з'єднання у справному стані видає характерний шум, який змінюється за мірою зміни умов роботи вузла.

Для облегшення прослуховування використовують стетоскоп. Найпростішим пристроєм для прослуховування є металевий стержень, один кінець якого прикладають до вузла, другий — до вуха.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

У компресорах за стуком визначають величину зазорів у підшипниках, поломку пластин і пружин клапанів, послаблення буферних пружин кришок безпеки. У підшипниках ковзання поршневих компресорів за мірою збільшення зазорів зростають ударні навантаження, що легко визначити за інтенсивністю звуку. Зношені підшипники качання видають підвищений деренчливий звук. Поломка клапанів характеризується появою зайвих деренчливих звуків. Послаблення буферних пружин виявляють за сильними ударами кришки безпеки. Удари виникають у момент найбільшого завантаження компресора, наприклад, під час пуску або вологого ходу.

Недостатнє змащування, нагрівання рухомих з'єднань і підвищення навантаження збільшують стук у машинах.

Виникнення вібрацій у машинах теж свідчить про наявність дефектів. Вібрації виникають при послабленні фундаментних болтів, неправильному центруванні валів, неврівноваженості обертальних вузлів, неправильному підборі за масою шатунно-поршневих груп компресорів. У відцентрових помпах і вентиляторах вібрації виникають при неврівноваженості вузла валу та ротора. Інколи частота вібрацій знаходиться у звуковому діапазоні або викликає резонансні звукові коливання деталей машин. У цьому випадку нарівні із відчутливими коливаннями виникає шум.

За ступенем нагрівання вузлів визначають правильність їх виготовлення та складання, ступінь завантаження механізму, правильність поступання змащування.

Нагрівання вузлів тертя допускається приблизно до 50-60 °С. При вищих температурах значно зменшується в'язкість мастил, що може призвести до аварійного зношування. Температуру вузлів перевіряють термометрами різних типів або на дотик, керуючись тим, що рука тривалий час витримує температуру близько 50 °С.

Температура вузлів тертя підвищується при зменшених або збільшених зазорах у підшипниках, значних похибках макрорельєфу, недостатній або дуже високій частоті поверхневого тертя, неправильному виборі посадок чи перекошуванні кілець підшипників качання, неправильному підборі мастила, його якості.

Для вузлів компресорів та інших машин, працюючих з притоком або відводом тепла, застосовуються спеціальні мастила і встановлюються границі допустимого коливання температури, вихід за границі яких вказує на виникнення несправностей. Так, підвищення температури верхньої частини циліндрів компресора і температури нагнітання понад встановлену для даного режиму свідчить про несправність нагнітальних клапанів; підвищення температури всмоктувального патрубку (відтаювання на ньому інею) та картера — про нещільність всмоктувальних клапанів та поганої компресії.

Підвищення температури корпусу відцентрової помпи чи відтаювання на ньому інею вказує на значне зниження його продуктивності внаслідок неправильного складання вузлів, зношування ущільнювальних кілець або забруднення робочого колеса.

За характером роботи системи змащування визначають справність дії її окремих елементів та вузлів тертя всього механізму. Витрати рідкого мастила у

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	00. БКР 142.008.003.ПЗ				60

вузлах тертя машини не постійні. Холодне мастило має велику в'язкість і з меншою швидкістю пересувається у зазорах вузлів тертя; у зношених спряганнях за мірою збільшення зазору протікає більша кількість мастила. Тому продуктивність нових або відремонтованих масляних pomp повинна перевищувати у 2-3 рази першочергову потребу механізму в мастилі.

Тиск мастила у нагнітальному маслопроводі і порожнині сальника аміачних компресорів повинен перевищувати тиск картерів на $1,0 \cdot 10^5 - 1,8 \cdot 10^5$ Па. Регулюють тиск вентилем, через який частина мастила викидається у картер. У горизонтальних компресорів тиск мастила, що поступає до сальника, повинен перевищувати тиск нагнітання.

Недостатній тиск мастила у нагнітальному маслопроводі компресора може виникнути внаслідок несправностей і масляної помпи, забруднення масляних фільтрів, пропускання мастила через внутрішнє ущільнювальне кільце сальника валу, значного зношування робочих поверхонь вузлів тертя, використання мастила недостатньої в'язкості, високої температури мастила.

Температура мастила у картері не повинна перевищувати для аміачних компресорів — 60°C . Підвищення температури змащування може призвести до недостатнього охолодження, забрудненості, невідповідності в'язкості або перенавантаження вузлів машини.

Мастило є носієм абразивних частин та агресивних середовищ, які інтенсифікують процес руйнування поверхні тертя. Після першого пуску компресора мастило міняють 2-3 рази через 20-30 год. роботи, а потім — після 400-500 год. роботи. Очищення щельових фільтрів поворотом рукоятки здійснюється після першого пуску компресора кожні 5-10 год., а після 200 год. роботи — через 48-72 год. Очищення заборних фільтрів здійснюється під час кожної заміни мастила.

Занесення мастила з компресора в систему визначається в основному якістю робіт компресійних і масловідкидувальних кілець, кількістю мастила, яка нагнітається у циліндри, в'язкістю мастила та температурою циліндрів.

За продуктивністю стан компресорів визначають за наявності певної вимірювальної апаратури — розходомірів рідкого агента, пари, розсолу. Через складності така апаратура не одержала розповсюдження. Визначення холодопродуктивності за температурним балансом конденсатора вимагає багато часу. В умовах експлуатації обслуговуючий персонал обмежується перевіркою компресорів за ознаками нормальної роботи.

За записами в добовій відомості, ремонтних журналах і формулярах з'ясовують несправності, що виникли за попередній період експлуатації. Черговий персонал заносить у добову відомість всі неполадки і дефекти в роботі установки. В ремонтні журнали і формуляри заносять відомості про зношування найвідповідальніших деталей, а також відомості про виконаний ремонт.

4.3.1. Особливості обслуговування відцентрових pomp

Помпи, які перекачують не підігріту воду, можуть працювати із залишковим тиском біля всмоктувального штуцера $0,4 \cdot 10^5 - 0,6 \cdot 10^5$ Па. При подальшому зниженні тиску можливе пароутворення води та припинення роботи помпи внаслідок розриву течії в робочому колесі або всмоктувальному трубопроводі.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					61

Відповідно висота стовпа підйому рідини у всмоктувальному трубопроводі за відсутності суттєвого гідравлічного опору не повинна перевищувати 5-6 м.

Для підігрітої води залишковий тиск повинен бути більшим, оскільки за мірою підвищення температури пароутворення та розрив течії проходить при вищому тиску. Найдоцільніше розташування помпи нижче від рівня води у резервуарі.

Аміачні помпи, які здійснюють циркуляцію агента у випарнику, можуть працювати тільки під напором рідини у всмоктувальному трубопроводі. Мінімальна величина напору визначається робочою температурою кипіння холодильного агента: 1 м аміачного стовпа для температури кипіння -20°C ; 1,5 м — для температури кипіння -40°C . Ущільнювальна набивка сальника валу аміачних pomp складається з металевих кілець, виготовлених з антифрикційних сплавів. У простір між кільцями нагнітається спеціальною помпою мастило, яке створює гідравлічний затвор. Тиск мастила повинен перевищувати тиск випарної системи на $2,5 \cdot 10^5$ Па.

Пуск помпи у роботу може бути здійснений тільки після заповнення рідиною порожнин робочого колеса і корпусу. Водяні

помпи, встановлені вище від рівня всмоктувальної рідини, заповнюють уручну або через верхню пробку корпусу з водопровідної лінії. При цьому на кінці всмоктувального трубопроводу повинен бути справний зворотний клапан.

Включати в роботу відцентрову помпу слід із закритою нагнітальною заслінкою та відкритою всмоктувальною. Після ввімкнення двигуна нагнітальну заслінку повільно відкривають для запобігання гідравлічного удару. Підвищення тиску контролюють за манометром. Перед зупинкою помпи спочатку закривають нагнітальну заслінку.

Зменшення продуктивності pomp і зниження напору може здійснюватись з таких причин:

- а) збільшення зазорів між ущільнювальними кільцями робочого колеса і корпусу внаслідок їх зношування або неправильного складання;
- б) руйнування лопастей робочого колеса внаслідок корозії;
- в) зміщення отворів робочого колеса відносно каналу завитка внаслідок неправильного складання;
- г) розриви течії всмоктувальної рідини в результаті підсмоктування повітря через нещільності всмоктувального трубопроводу або сальника валу;
- д) забруднення отворів робочого колеса предметами, які потрапляють у рідину через поганий стан фільтрів.

Продуктивність pomp перевіряють розходоміром або за ступенем забезпечення споживачів нагнітальною рідиною. Підвищення температури корпусів водяних pomp або відтаювання інею на корпусах розсільних pomp свідчить про значне зниження їх продуктивності.

Підвищений розхід електроенергії може бути наслідком малого гідравлічного опору в трубопроводах і відповідно збільшення кількості нагнітальної рідини, а також наявності механічних несправностей: перекошування або сильного затягування натискної втулки сальника, тертя робочого колеса об корпус, перекошування або паралельного зміщення осей валів помпи і двигуна та ін.

4.3.2. Обслуговування апаратів та систем трубопроводів

Перевірка щільності фланцевих, зварних та інших з'єднань деталей апаратів і систем, інтенсивності корозійних руйнувань стінок апаратів і трубопроводів, непроникливості сальникових ущільнень та клапанів запірної арматури здійснюється експлуатаційним персоналом щодня в процесі оперативної роботи. Вихід агента через відкриті дефектні сполучення і поверхні визначають за допомогою індикаторів: для виявлення пропускання аміаку використовують індикаторні папірці, просочені фенолфталеїном.

Протікання агента через дефектні сполучення та поверхні, які обмиваються теплоносієм, визначають: аміак — шляхом періодичного лабораторного аналізу проб теплоносія (води, розсолу).

Проби теплоносіїв на присутність аміаку відбирають з кожного апарата не рідше одного разу на місяць.

Контроль за рівнем рідкого агента в апаратах здійснюється обслуговуючим персоналом безперервно (візуально або за допомогою приладів).

Конденсатори всіх типів, крім тих, які мають ресиверну частину, не повинні містити рідкий агент, оскільки він скорочує розміри активної теплопередавальної поверхні. За мірою переходу в рідкий стан агент повинен відводитись у лінійний ресивер. В горизонтальних кожухотрубних конденсаторах рідина не повинна закривати двох рядів нижніх трубок.

У лінійному ресивері рівень рідкого агента коливається залежно від заповнення ним приладів охолодження камер, випарників та інших апаратів установки. Кількість агента у діючих приладах випарної системи змінюється в результаті неточності регулювання його подачі, а також залежно від інтенсивності процесу кипіння. У затоплених випарниках і приладах охолодження камер за мірою інтенсивності процесу кипіння зростає об'єм парорідинної маси агента, що викликає тимчасове зволоження ходу компресора і може призвести до гідравлічного удару. Враховуючи це, переключення апаратів випарної системи виконують з великою обережністю, заздалегідь прикривши регулювальний вентиль. У момент відключення апаратів рівень рідкого агента в них може стати значно вище норми, тому перед відключенням рекомендується усунути його шляхом витискання в рідкому стані або відсмоктування пари. При правильному заповненні системи рівень рідкого агента повинен бути помітним через скло ресивера. Недостатня кількість агента в ресивері може призвести до попадання в регулювальний вентиль пари замість рідини; в результаті переповнення ресивера можливе підтоплювання рідким агентом конденсатора, що скорочує розміри активної теплопередавальної поверхні останнього і погіршує режим роботи установки. Переповненні ресивери не можна відділяти запірною арматурою від інших елементів системи, оскільки зміна температури може викликати розривання цих ресиверів.

Оптимальні статичні рівні заповнення рідким агентом апаратів випарної системи в робочих умовах приблизно відповідають нормам заповнення, що рекомендується Правилами техніки безпеки для розрахунку потрібної кількості агента. Для аміачних затоплених випарників норма заповнення - 80% об'єму; для листотрубних випарників і змійовикових батарей - 50%; батарей камер і повітроохолоджувачів з верхнім подаванням агента - 25%, з нижнім подаванням -

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						63

70%. Відділювачі рідини які забезпечують подавання агента у батареї гравітаційним напором, заповнюється на 20% об'єму; відділювачі працюючі разом із ресивером, не повинні містити рідкий агент. Циркуляційні ресивери заповнюється на 30% об'єму. Дренажні ресивери в неробочому стані повинні містити тільки пароподібний агент.

Перевірка правильності циркуляції теплоносіїв у теплообмінних апаратах здійснюється таким чином: у вертикальних кожухотрубних конденсаторах перевіряють положення ковпачків для рівномірного розподілення води, що стікає по внутрішній поверхні труб; у зрошувальних конденсаторах - розподілення води на секції та рівномірність зрошення всієї поверхні секцій; у відкритих випарниках - правильність циркуляції розсолу та роботу мішалок; у мокрих повітроохолоджувачах - роботу форсунок та ін. Періодичність оглядів визначається конструкцією апаратів, але не перевищує 2 год.

У кожухотрубних горизонтальних конденсаторах і випарниках порушення циркуляції теплоносія і виключення окремих теплообмінних труб здійснюється внаслідок розривання чи неправильного встановлення прокладок під торцевими кришками або накопичення під кришками повітря.

Перевірка наявності забруднень на теплопередавальній поверхні здійснюється обслуговуючим персоналом щоденно або періодично залежно від конструкції апарата. Щоденно під час оглядів апаратів перевіряють наявність снігової «шуби» на приладах охолодження, замерзання розсолу та забруднення секції вертикально трубних випарників у відкритих баках інтенсивність утворення водяного каміння на трубах зрошувальних і вертикальних кожухотрубних конденсаторів.

Періодично, один раз на два місяці, перевіряють товщину водяного каміння на закритих теплопередавальних поверхнях конденсаторів і переохолоджувачів, для чого розкривають кришки чи від'єднують калачі цих апаратів.

Забрудненість апаратів мастилом, яке заноситься в систему з компресора, перевіряють шляхом його пробного випускання контроль за загальною кількістю мастила, що знаходиться у системі, здійснюється за спеціальним журналом, в який заносять відомості про витрачання мастила і випускання його з апаратів. На підставі узагальнення досвіду експлуатації установки розробляють календарні графіки випускання мастила з кожного апарата, які вивішуються у машинному залі для обслуговуючого персоналу.

Орієнтовно можна рекомендувати таку періодичність випускання мастила з апаратів цілодобово працюючої установки: з масловідділювачів і проміжкових посудин - 2-3 рази на місяць; конденсаторів - 1-2 рази; батарей безпосереднього охолодження, відділювачів рідини, випарників, ресиверів - 1 раз. Із дренажних ресиверів мастило слід випускати після кожного відтаювання снігової «шуби» на приладах охолодження камер.

Загальна перевірка роботи теплообмінних апаратів здійснюється шляхом співставлення фактичних різниць температур між середовищами, які обмінюються теплом, з розрахунковими. Збільшення фактичної різниці температур відносно розрахункової свідчить про наявність несправностей.

Захист апаратів і трубопроводів від зруйнування при замерзанні теплоносія в зимовий період здійснюється шляхом своєчасного усунення

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

останнього. Для усунення води з трубопроводів, апаратів і резервуарів передбачаються спускні крани або з різьбові пробки. Трубопроводам під час монтажу надають нахил у бік випускних штуцерів. Для повного усунення рідини із закритої ємності слід забезпечити надходження до неї повітря.

4.4. Виконання робіт технічного обслуговування холодильних установок

4.4.1. Добавляння мастила в картер вертикального компресора

Мастило добавляється через наповнювальний вентиль, розташований у нижній частині картера. На штуцері вентиля закріплюють шланг, вільний кінець якого опускають у банку з мастилом, прикривають всмоктувальний вентиль діючого компресора і, коли тиск у картері стане нижче атмосферного, обережно відкривають наповнювальний вентиль. Мастило для аміачних компресорів зберігають у закритій посудині. Під час зберігання у відкритій тарі мастило здібне поглинати з повітря до 1% вологи за масою.

4.4.2. Випускання мастила з апаратів

Кількість мастила, яке заноситься з компресора в систему, визначається низкою факторів - системою змащування, кількістю мастила, що нагнітається у циліндри маслопомпою, щільністю прилягання компресійних і масловідкідних кілець, температурою і в'язкістю мастила та ін. Мастило заноситься холодильним агентом у крапельному або пароподібному стані. Частина мастила, що потрапляє у нагнітальний трубопровід у пароподібному стані, залежить від температури циліндрів і може досягти 30% (при температурі 130⁰С) від загальної кількості мастила, яке заноситься у систему.

В аміачних масловідділювачах з тангенціальним напрямком течії пари агента, а також із охолодженням пари водяним змійовиком, виловлюється від 40 до 60 % мастила, яке виноситься з компресора. У масловідділювачах із охолодженням пари шляхом пропускання її через шар рідкого агента виловлюється 90-95% мастила.

Дрібнодисперсні частинки та пара мастила, які проходять через масловідділювач, після переходу в рідкий стан відстоюються більшою частиною внизу маслозбірників конденсаторів або ресиверів (лінійних), однак частина мастила разом з рідким агентом потрапляють у випарну систему. Таким чином, частота випускання мастила з апарата аміачних систем повинна встановлюватись з урахуванням конкретних умов роботи кожного апарата та всієї установки.

З апаратів аміачних систем випускання мастила дозволяється тільки під тиском всмоктування та за умови усунення рідкого аміаку, який знаходиться над мастилом. З діючих масловідділювачів, конденсаторів, лінійних ресиверів, випарників та інших апаратів, які працюють під тиском нагнітання та всмоктування, мастило випускають через маслозбірники. Для цього:

а) відкривши відповідний вентиль, з'єднують із всмоктувальним трубопроводом корпус маслозбірника і знижують тиск у ньому до тиску всмоктування;

б) від'єднують маслозбірник від всмоктувального трубопроводу і заповнюють його мастилом з апарата;

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

в) відкачують аміак, який потрапив разом з мастилом з маслозбірника, знову з'єднують корпус останнього із всмоктувальним трубопроводом;

г) від'єднують маслозбірник із системи і випускають мастило через спеціальну лінію, яка виведена за межі приміщення.

Не дозволяється одночасно відкривати наповнювальний та відсмоктувальний вентилялі маслозбірника, тому що при різкому зниженні тиску мастило піниться і потрапляє у всмоктувальний трубопровід. Присутність рідкого аміаку визначають за обмерзанням корпусу маслозбірника при зниженні у ньому тиску.

Мастило з апаратів безпосередньо назовні випускають тільки на малих холодильних установках або під час аварійної роботи. У цьому випадку заздалегідь у 2-3 прийоми здійснюють відсмоктування агента, який знаходиться в апаратах. Після кожного прийому надається витримка 2-3 год. для притоку в апарат з навколишнього середовища тепла, необхідного для випаровування рідини, що залишилась. Відсмоктування вважається закінченим, якщо тиск в апараті протягом указаної витримки залишається близьким до атмосферного, а у нижній частині апарата зникнуть сліди інею. Мастило випускають по резиновому рукаву, виведеному за межі приміщення.

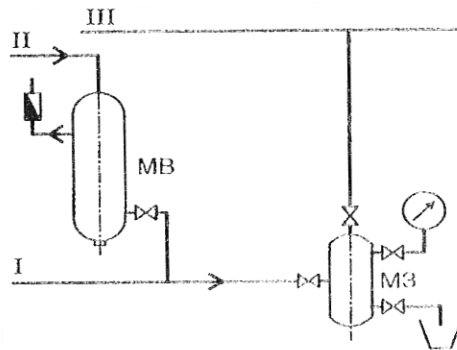


Рисунок 4.2 - Схема підключення маслозбірника:

МВ - масловідділювач; МЗ - маслозбірник; І - трубопровід відведення мастила з апаратів; ІІ - нагнітальний трубопровід; ІІІ - всмоктувальний трубопровід

Із приладів охолодження камер мастило усувають у дренажний ресивер під час відтаювання снігової «шуби», а потім випускають назовні.

4.4.3. Випускання повітря

Повітря в систему холодильних установок потрапляє головним чином під час їх монтажу та ремонту, а також під час розкриття компресорів, апаратів та трубопроводів для огляду. Можливе підсмоктування повітря під час роботи випарної системи або картера компресора з тиском, нижчим від атмосферного. Крім повітря, у системі можуть з'явитися гази, котрі є продуктами розпаду агента та мастила. Наявність різноманітних неконденсувальних газів погіршує роботу установки головним чином за рахунок підвищення тиску конденсації. На роботу апаратів випарної системи повітря суттєво не впливає, оскільки не проникає в

значній кількості разом із рідким холодильним агентом через регулювальний вентиль.

Тиск агента у випарних системах залежить тільки від температури середовища, яке охолоджує конденсатор. Тиск повітря зростає із збільшенням його маси на даній ділянці системи. Це є першою причиною підвищення тиску конденсації. Друга причина полягає в тому, що у теплопередавальній поверхні конденсатора з парогазової суміші постійно відводиться та конденсується пара холодильного агента, внаслідок чого концентрація неконденсованих компонентів суміші різко збільшується. Таким чином, у теплопередавальній поверхні створюється подушка з неконденсованих газів, яка має великий тепловий опір і затруднює теплопередачу. Погіршення теплообміну між агентом і охолоджувальним середовищем викликає підвищення температури конденсації. Внаслідок підвищення тиску погіршуються енергетичні показники роботи установки збільшується питоме витрачання електроенергії на вироблення холоду.

В аміачних установках при звичайних тисках і температурах конденсації щільність повітря менша, ніж агента. Однак це не означає, що повітряно-аміачну суміш слід підбирати з частин апарата, які найвище розташовані. Розподілення суміші на легкі та важкі компоненти не здійснюється, тому що кожний газоподібний компонент суміші згідно із законом Дальтона намагається розподілитися рівномірно по всьому об'єму.

З цієї ж причини не досягається розподілення суміші і охолодженням конденсатора водою з температурою 15-20°C протягом кількох годин при включеному компресорі. Аналіз проб пароповітряної суміші, взятих з конденсатора після такого охолодження, показують, що вони містять 90% та більше агента. Знижують вміст агента в суміші шляхом її охолодження до мінусових температур при тиску конденсації. Повітряно-аміачна суміш, яка містить повітря 20% при температурі 25°C, у процесі охолодження змінює свій вміст за рахунок конденсації пари аміаку і при температурі -15°C містить 87% повітря.

Течія пари, яка поступає з компресора в конденсатор, містить найменшу кількість повітря і має високу температуру, тому відбирання суміші для усунення повітря із системи в зоні розташування нагнітального штуцера не доцільне. Суміш відбирають у тій частині апаратів, де рух сповільнений, а температура низька. За наявності в установці кожухотрубних вертикальних або зрошувальних конденсаторів із нижньою подачею агента суміш відбирають із верхньої їх частини. За наявності горизонтальних кожухотрубних або елементних конденсаторів суміш відбирають з верхньої частини лінійних ресиверів.

Найпростіший спосіб усунення повітря полягає в тому, що відібрану суміш через гумовий рукав випускають назовні: повітряно-аміачну — в посудину з водою. За 2-3 год. до випускання припиняють роботу компресора, а подачу охолоджувальної води або повітря на конденсатор не зупиняють, щоб знизити температуру суміші. Випускають суміш слабкою течією, регулюючи вихід вентилем на корпусі апарата. Присутність повітря у повітряно-аміачній суміші визначають за бульбашками, які піднімаються на поверхню води. Аміак, який виходить з повітрям, у воді розчиняється, при цьому вода приходить у помітний рух (чутно характерне потріскування). Аміачні установки середньої та великої

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						67

продуктивності забезпечуються повітроохолоджувачами спеціальних конструкцій, в яких суміш збагачується повітрям і охолоджується.

Міжтрубний простір заповнюється повітряно-аміачною сумішшю, яка відбирається з верхньої частини ресивера, і охолоджується киплячим агентом, що поступає з того ж ресивера по верхній трубі через регулювальний вентиль. Рідкий агент, який випадає із суміші, витікає у ресивер, а багата повітрям суміш випускається у посудину з водою. Подача рідкого агента регулюється вентилем у такій кількості, щоб трубка, яка відводить пару у всмоктувальний трубопровід, трохи покривалась інеем. Вентиль для випускання суміші відкривають настільки, щоб було видно вихід з води бульбашок повітря. Вода у посудині може бути проточною або змінюватися періодично за мірою насичення її аміаком.

Повітряно-аміачна суміш з апаратів потрапляє у змійовик, розташований у внутрішній посудині, і після охолодження відводиться у простір між посудинами. Рідкий аміак, який створився в результаті охолодження, стікає через камеру регулятора рівня у ресивер, а парогазова суміш після вторинного охолодження у змійовику з метою додаткового відділення аміаку направляється у посудину з водою.

На корпусі регулятора рівня змонтований клапан, який механічно з'єднаний із поплавком. Якщо в апарат поступає недостатня кількість повітря, тиск у просторі між посудинами знижується (внаслідок охолодження його через стінки внутрішньої посудини), рідкий аміак поступає у камеру поплавка з ресивера, поплавок спливає, і клапан закривається.

Реле тиску механічно зв'язане з повітряним клапаном. При зупинці компресора тиск у всмоктувальному трубопроводі підвищується, і повітряний клапан закривається.

Додавання агента у систему

Недостача агента у системі виявляється за відхиленням температурного режиму від оптимального: знижується температура кипіння, при значній недостатці знижується температура конденсації. Характерними є такі ознаки: в показникових склах лінійного ресиверу постійно тримається низький рівень рідини; неможливо одержати вологий хід компресора, шляхом додаткового відкривання регулювального вентиля; при прослуховуванні регулювального вентиля виловлюється частково рух рідини, частково пари.

У системах безпосереднього охолодження можливе накопичення рідкого агента у приладах охолодження, розташованих у камерах із низькою температурою. Це може створити помилкове враження про недостачу агента у системі.

Додавання агента не відрізняється від першочергового заповнення системи.

Відтаювання снігової «шуби» на приладах безпосереднього охолодження камер

Снігову «шубу» розморожують гарячою парою агента; зливання рідкого агента з приладів під час відтаювання здійснюється у безпомпових і помпових випарних системах у дренажний ресивер. Порядок виконання робіт під час розмороження стосовно конкретних особливостей схеми і розташування комунікацій трубопроводів наведено в інструкціях, розроблених окремо для кожної установки. Загальні правила для всіх установок такі:

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Роботи з перемиканням схеми і перепускання агента з одних апаратів у інші є небезпечними для обслуговуючого персоналу та установки в цілому, тому вони виконуються під безпосереднім керівництвом чергового або старшого механіка.

Відтаювання здійснюється одночасно в одній або декількох камерах з таким розрахунком, щоб ємність батарей не перевищувала корисної ємності дренажного ресивера.

Вантажі у камерах, розміщених під батареями або поблизу батарей, повинні бути прибрані або прикриті брезентом для захисту від попадання на них води чи ожеледі.

До розмороження снігової «шуби» з приладів охолодження усувають рідкий агент шляхом відсмоктування його пари або витискання рідини у дренажний ресивер. Для витискання дозволяється підвищувати у батареях тиск шляхом подачі до них гарячої пари агента. Після звільнення батарей їх відключають від ресивера.

Дренажний ресивер звільнюється від агента шляхом витискання його у рідинний трубопровід регулювальної станції тиском пари, яка відбирається з нагнітального трубопроводу. Після усунення рідини тиск у ресивері знижується до всмоктувального.

Відтаювання снігової «шуби» з приладів здійснюється шляхом подавання у них гарячої пари, яка відбирається з нагнітального трубопроводу за масловідділювачем. Подача гарячої пари у кожену батарею припиняється негайно після звільнення її від снігової «шуби».

Після відтаювання рідкий агент з батарей перепускається за рахунок різниці тисків або гравітаційного напору в дренажний ресивер при постійному контролюванні за рівнем рідини в останньому за оглядовим склом або покажчиком рівня. За необхідності тиск у ресивері періодично знижується шляхом короткочасного його сполучення вентилям з всмоктувальним трубопроводом. Після закінчення зливання ресивер від'єднують від батарей, закривши вентиль на рідинному трубопроводі.

Випускають із ресивера через маслозбірник мастило, яке поступає разом з холодильним агентом.

Перепускають рідкий агент із ресивера у систему, відкривши вентиль на рідинному трубопроводі, який відводить агент до регулювальної станції, і вентиль на паровому трубопроводі, яким з'єднаний ресивер зі сторони нагнітання. Після усунення рідкого агента тиск у ресивері знижується до тиску всмоктування.

Відкривання та закривання вентилів для переключення системи виконується з великою обережністю, оскільки пересування в нестационарному режимі великих мас рідкого агента може призвести до гідравлічного удару в трубопроводах, швидкого переповнення посудин або різкої зміни умов роботи компресорів і ввести установку до аварійного стану.

5. Заходи що до захисту навколишнього середовища.

Аміак – токсичний газ. При його об'ємному вмісті в повітрі від 15 до 28% (107 – 200 г/м³) і температурі не вище 55⁰С виходить вибухонебезпечна суміш. У рідкому стані аміак важка горюча речовина (температура його займання 630⁰С).

Гранично допустима концентрація аміаку у виробничих приміщеннях (0,02 міліграм/л)

Перебування людини протягом декількох хвилин в приміщенні з об'ємною долею аміаку 0,5-1% приводить до смертельного результату або сильного отруєння.

Газоподібний аміак надає сильну дратівливу дію на слизисті оболонки очей і верхні дихальні шляхи, на пітні ділянки шкіри. Високі концентрації аміаку викликають опіки очей, носової порожнини, горла. При важких отруєннях аміаком спостерігається утруднене дихання, сильний кашель, задуха, спазми голосової щілини. Гранична санітарна норма аміаку у виробничих приміщеннях (у міліграмі/л} і концентрації, що викликають фізіологічну дію (міліграм/л), приведені нижче в таблиці

Гранична санітарна норма аміаку - 0,2
Поріг сприйняття нюхом - 0,035
Концентрація дратівлива для горла - 0,30
Концентрація дратівлива очей - 0,5
що викликає кашель - 1,2
максимально допустима при тривалому перебуванні - 0,07
що викликає шкідливу дію при тривалому перебуванні - 0,10
максимально допустима при короткочасному перебуванні - 0,20—0,35
Смертельний результат при дії в течію від півгодини до однієї години. - 1,5 – 2,7

Гранична нешкідлива концентрація 0,07 міліграм/л в 3—раза вище за допустиму концентрацію аміаку у виробничих приміщеннях (0,02 міліграм/л), тому є великий резерв, особливо якщо врахувати застережливий сигнал, визначуваний нюхом (0,035 міліграм/л).

Рідкий аміак дуже небезпечний для оточуючого середовища. Він негативно впливає на рослини та на тварин.

Аміак був, є та буде залишатися найбільш ефективним, дешевим й екологічно чистим холодильним агентом ХХІ сторіччя.

Аміак має нульове значення потенціалів руйнування озонового шару (ODP) глобального потепління (OWP); токсичність аміаку і його пожежна небезпечність, при певних концентраціях у повітрі компенсуються опрацьованими надійними, перевіреними часом методами безпечної експлуатації аміачних холодильних установок і легкістю виявлення самих незначних витоків агента чутливими сигнальними приладами.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	70	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.								

Аміачні холодильні машини задовольняють усім сучасним вимогам щодо озонобезпеки і запобігання глобальному потеплінню. Критерій TEWI аміачних холодильних машин набагато нижчий, ніж у машинах, які працюють на фреонах або їх сумішах.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

6. Заходи з охорони праці, ТБ, БЖД

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Завдання охорони праці – звести до мінімальної вірогідності поразки або захворювання комфорту, що працює з одночасним забезпеченням, при максимальній продуктивності праці. В даному проекті розроблена низка заходів щодо охорони праці обслуговуючого персоналу з врахуванням можливих аварій і порушень техніки безпеки.

6.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів об'єкта проектування і їх вплив на вибір конструкції, архітектурно-планувальних рішень і навколишнє середовище

6.1.1. Вимоги до приміщення аміачної холодильної установки

Рідкий аміак викликає важкі опіки шкіри. Попадання рідкого аміаку в очі може привести до прориву рогівки, кришталика і склоподібного тіла.

Згідно з нормами технологічного проектування по вибухо-пожежній і пожежній небезпеці приміщення і будівлі підрозділяють на категорії А, Б, В, Г і Д. Визначають категорії шляхом послідовної перевірки відповідності приміщення вимогам, що пред'являються до кожної групи: Холодильні камери - В; машинні відділення - А; апаратні відділення - Б; насосні відділення - Д.

Техніка безпеки на холодильниках передбачає наступні вимоги: приміщення холодильників мають бути забезпечені засобами пожежогасінні, всі ізольовані трубопроводи в місцях проходження через стіни і перекриття повинні мати вставки з ізоляційного матеріалу, що не згорає, в машинному відділенні мають бути спеціальні місця для зберігання в закритому вигляді обтиральних матеріалів (забороняється зберігання бензину, гасу і інших легкозаймистих речовин), будівельні, монтажні і ремонтні роботи із застосуванням відкритого полум'я і електрозварювання в холодильних камерах і машинних відділеннях повинні здійснюватися за наявності письмового допуску і при дотриманні протипожежних заходів

Оскільки відповідно до “ Правил пристрою електроустановок ”, машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок відносяться до вибухонебезпечних приміщень класу В – 1б, то передбачаються наступні вимоги безпеки: електроустаткування повинне застосовуватися в закритого виконання, електророзподільні пристрої і трансформаторні підстанції не повинні розташовуватися безпосередньо в приміщеннях машинних і апаратних відділень, електродвигуни повинні застосовуватися у вибухобезпечного виконання, над машинними і апаратними відділеннями, а також під ними і в безпосередній

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	72	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.								

близькості до них не мають бути розташовані житлові і побутові приміщення, аміачна система повинна забезпечувати безаварійність роботи.

6.1.2. Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проектованої установки.

Всі частини холодильної установки, що містять аміак розташовують в машинному відділенні, заввишки не менше 4,2 м. Площа вікон повинна складати не менше 0,03 м² на 1 м³ об'єму компресорного цеху. З приміщення компресорного цеху обов'язково два виходи віддалених один від одного. Двері повинні відкриватися лише назовні. Забороняється розташовувати аміачну установку на сходових майданчиках, під сходами, в коридорах, вестибюлях і фойє. Забороняється розташовувати над машинними відділеннями приміщення з людьми

Проходи в машинному відділенні мають бути не менше:

- головний прохід і прохід від електроцита до виступаючих частин машини (у тому числі до обгороджувальних фундаментів) - 1,5 м-кодів;
- між виступаючими частинами машин – 1м;
- між гладкою стіною і машиною – 0,8 м-кодів, якщо прохід не є головним проходом для обслуговування.

При монтажі компресорів повинні застосовуватися заходи, що забезпечують обмеження вібрацій, шуму в межах встановлених норм.

Компресори (насоси) і їх двигуни повинні встановлюватися на фундаментах, не пов'язаних із стінами будівель. Основні конструкції трубопроводів мають бути надійними і не допускати їх вібрації.

Всі рухомі частини машин мають бути надійно захищені. Машини, апарати і трубопроводи в місцях, де вони можуть піддаватися ударам, мають бути захищені.

Трубопроводи повинні мати можливість вільного температурного подовження, під впливом якого не повинно бути деформації і порушення фланцевих з'єднань трубопроводів, а також сполучених з ним машин і апаратів.

Всі поглиблення (канали, приямки) в приміщенні повинні закриватися урівень з підлогою спеціальними плитами або металевими рифленими листами або ж мати обгороджування.

У машинному відділенні мають бути відведені спеціальні місця для зберігання в закритому вигляді обтиральних матеріалів, інструменту, прокладок і тому подібне Забороняється зберігання гасу, бензину і інших легкозаймистих рідин.

Майданчики, отвори, поглиблення, переходи і сходи, що встановлюються в машинному відділенні, мають бути захищені поручнями заввишки не менше 1м, забезпеченими знизу суцільним металевим зашиванням заввишки 10см.

Східці і майданчики сходів виготовляються з рифленої листової або круглої сталі. Ширина сходів має бути не менше 60 см, відстань між рівнями по висоті 20 см і ширина рівнів не менше 8 см.

Забороняється розташовувати в одному приміщенні з аміачною установкою апарати і прилади з відкритим полум'ям або зовнішні поверхні, що мають, з температурою вище 150°С.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

При машинному відділенні мають бути передбачені вбиральні для персоналу, санвузол і умивальник.

Трубопровід разом з арматурою і ізоляцією забарвлюють в колір відповідний їх призначенню, напрям руху вказують чорними стрілками поблизу кожного вентиля або засувки.

Технічний огляд, судин, що працюють під тиском

Технічний огляд апаратів холодильних установок проводять для перевірки їх міцності і своєчасного виявлення можливих дефектів Етапи і періодичність огляду.

Технічний огляд апарату включає внутрішній огляд і пневматичне випробування. 1. Внутрішній огляд апарату проводять не рідше за один раз в 2 роки. Якщо внутрішній огляд неможливий із-за конструктивних особливостей апарату (наявність трубних ґрат, малий діаметр т. п.), то його замінюють пневматичним випробуванням, що проводиться в терміни, передбачені для внутрішнього огляду.

Пневматичне випробування апарату, доступного для внутрішнього огляду, проводять не рідше за 1 раз у 8 років. Апарати аміачних установок випробовують на міцність і щільність, апарати фреонових установок — лише на щільність. Роботи по проведенню огляду відносять до особливо небезпечним, оскільки при розтині апарату перед внутрішнім оглядом може статися витік холодильного агента, а при пневматичному випробуванні – розрив апарату.

Перед проведенням огляду начальник компресорного цеху оформляє нарад – допуск, в якому вказує заходи безпеки, особу, відповідальну за виконання роботи, час і місце проведення робіт, особливі умови і термін дії нараду-допуску.

Заходи безпеки при проведенні випробувань.

При пневматичних випробуваннях приймають наступні заходи безпеки:

- на час випробування апаратів припиняють роботу холодильної установки;
- місце випробування захищають в місцях можливої появи сторонніх осіб, вивішують попереджувальні написи для апаратів, розташованих поза компресорним цехом, встановлюють зону, що охороняється, радіусом 25 м;
- при проведенні випробування на міцність особи, провідні випробування, і персонал цехів, обслуговуючий розташоване поруч устаткування, що діє, віддаляються в безпечні місця;
- не допускають знаходження сторонніх осіб при випробуванні, а також проведення в приміщенні, де знаходиться випробовуваний апарат, яких-небудь робіт, не пов'язаних з випробуванням;
- двері і вікна в приміщенні, де випробовують апарат, відкривають, приміщення перед випробуванням вентилують; Під час випробування забороняється додавати до повітря в апараті аміак для визначення місць витоку, а також проводити зварку і обстукування швів на апараті, тиск в якому вище атмосферного.

6.1.3. Розрахунок запобіжного клапана

Запобіжний клапан повинен встановлюватися на апараті або в безпосередній близькості від нього, причому між апаратом і запобіжним клапаном не повинно бути запірною вентиля. Клапан повинен приєднуватися вище за рівень рідкого

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

аміаку.

Для безупинної роботи апаратів і судин в разі перевірки або ремонту клапанів допускається між запобіжним клапаном і апаратом встановлювати на штуцері апарату, призначеному для запобіжного клапана, перемикальний вентиль з двома запобіжними клапанами.

При будь-якому положенні шпинделя цього вентиля з апаратом (судиною) мають бути сполучені або один, або два запобіжні клапани. Кожен з цих клапанів має бути розрахований на повну пропускну спроможність.

Триходовий вентиль повинен мати показчик, що показує, який запобіжний клапан знаходиться в робочому положенні.

Запобіжні клапани мають бути випробувані на встановлений для них тиск і запломбовані заводом-виготівником або механіком обслуговуючим тепловий насос. Справність запобіжних клапанів повинна перевірятися продуванням не рідше за один раз в рік із складанням відповідного акту.

Несправний запобіжний клапан слід зняти з апарату і негайно замінити справним. Установка заглушок замість запобіжних клапанів заборонена. Підбір запобіжного клапана виконується згідно з “ Правилами пристрою і безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском ”.

Максимально можливий тиск в установці $P_1 = 1,8$ МПа; при підвищенні тиску вище 1,8МПа повинен спрацьовувати запобіжний клапан.

Найменша площа перетину клапана:

$$F = \frac{G}{\alpha \cdot B \sqrt{2\rho(P_1 - P_2)}}; \quad (6.1)$$

де α - коефіцієнт витрати рідини;

B – коефіцієнт; [8]

ρ - щільність агента при P_1 і температурі перед клапаном, кг/м³;

P_1, P_2 – відповідно максимальний і мінімальний абсолютний тиск перед і після клапана.

$$F = \frac{0,5}{0,75 \cdot 0,483 \sqrt{2 \cdot 14,3(1,9 - 0,1) \cdot 10^6}} = 0,188 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Діаметр перетину:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18,8}{3,14}} = 4,89 \text{ мм};$$

Вибираємо запобіжний клапан марки 17с 11нж Ду – 5.

Справність запобіжного клапана гарантована випробуваннями на встановлений тиск і повинно перевірятися не рідше за 1 раз в рік з продуванням його, і із складанням акту.

Визначення витоку холодильного агента

Місце витоку аміаку визначають за допомогою фільтрованого паперу, просоченого хімічними індикаторами, що змінюють колір при зіткненні з середовищем, що містить аміак. Як індикатори використовують 1%-ний розчин фенолфталеїну в спирті ректифікаті.

Перевірку щільності кожухотрубних випарників і конденсаторів проводять

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

не рідше за один раз в місяць шляхом визначення наявності аміаку у воді, що охолоджує, або розсолі за допомогою реактиву Несслера.

Контрольно-вимірвальні прилади

Вимоги до контрольно-вимірвальних приладів

На всмоктуючій і нагнітальній сторонах кожного компресора мають бути встановлені, аміачні манометри з шкалою тиску і температур.

На кожному компресорі має бути встановлений манометр для виміру тиску масла.

Манометри мають бути не нижче 2,5.

Манометри повинні перевірятися і пломбуватися в установленому порядку не рідше за один раз в рік, а також після кожного ремонту. Крім того, не рідше за один раз в 6 місяців підприємством повинна вироблятися додаткова перевірка робочих манометрів контрольним із записом результатів в журнал контрольних перевірок.

За відсутності контрольного манометра допускається додаткову перевірку виробляти перевіреним робочим манометром.

Манометри мають бути встановлені так, щоб їх свідчення були виразно видні обслуговуючому персоналу; циферблат має бути розташований у вертикальній площині або з нахилом вперед до 30°.

Манометри, встановлені на висоті вище 3,5 м від рівня майданчика для обслуговування, мають бути діаметром не менше 200 мм.

Не допускається застосовувати манометри у випадках, коли відсутня пломба або клеймо, прострочений термін перевірки, а також з розбитим склом або іншими пошкодженнями, що можуть відбитися на правильності їх свідчень.

Запірні вентиля повинні встановлюватися: на кожній всмоктуючій і нагнітальній лініях компресора; на кожному входному і вихідному патрубках збірок рідкого аміаку (ресивера, кожухотрубного випарника). Збірки рідкого аміаку (ресивер) повинні забезпечуватися покажчиками рівня рідини.

Арматура має бути доступна для зручного і безпечного обслуговування і ремонту.

Аміачна установка має бути забезпечена реле тиску, який зупиняє компресор в разі підвищення надлишкового тиску нагнітання. Це реле має бути приєднане до запірнього нагнітального вентиля компресора по ходу аміаку.

На кожному компресорі має бути встановлене реле контролю мастила, що зупиняє компресор в разі пониження тиску в системі мастила до нижньої допустимої межі.

Компресори з водяною сорочкою, що охолоджує, повинні забезпечуватися автоматичним приладом (реле витрати, реле тиску і ін.) що зупиняє компресор в разі припинення вступу води в сорочку, що охолоджує.

Оскільки компресора сполучені паралельно, то вони мають бути забезпечені автоматичними пристроями, (зворотний клапан, реле рівня і ін.), що запобігають переходу масла з одного компресора в іншій (інші).

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

6.2. Техніка безпеки при експлуатації холодильної установки

6.2.1. Техніка безпеки при експлуатації холодильної установки

Відтавання батарей і повітроохолоджувачів гарячим паром аміаку проводить персонал компресорного цеху по графіку, який затверджений особою, відповідальною за безпечну експлуатацію холодильної установки, під керівництвом особи, допущеної наказом до проведення відтайки. При відтаванні гаряча пара з боку високого тиску подається в батареї і повітроохолоджувачі, розташовані на стороні низького тиску. Тому тиск в батареях і повітроохолоджувачах в процесі відтавання не повинно перевищувати тиску випробування на щільність для апаратів сторони всмоктування, тобто 1 МПа. В разі підвищення тиску в пристроях, що охолоджують, понад 1 МПа негайно закривають вентиль на трубопроводі подачі гарячої пари в батареї (повітроохолоджувачі).

В процесі відтаювання в дренажному ресивері необхідно підтримувати низький тиск для забезпечення видалення з пристроїв, що охолоджують, рідкого аміаку і конденсату, що утворюється в них. Вентиль, що сполучає дренажний ресивер із стороною низького тиску, відкривають поступово, оскільки в ресивері може знаходитися рідкий аміак.

Для прискорення процесу відтавання проводять обмітання поверхонь батарей. При обмітанні забороняється завдавати ударів по трубах, використовувати металеві щітки і інші предмети, які можуть пошкодити поверхню батарей.

Злив аміаку.

Для зливу аміаку з цистерни в одній з частин системи холодильної установки (батарей камери, випарнику, циркуляційному ресивері і ін.) знижують тиск до вакууму шляхом видалення з неї компресором пари. Злив аміаку відбувається унаслідок різниці тиску в цистерні і в тій частині системи, де знижений тиск. Перемикання цистерни на частини системи, в яких заздалегідь створений вакуум, виробляють до повного (або часткового) звільнення цистерни від аміаку.

Роботи по приєднанню і від'єднанню цистерни проводять машиністи холодильної установки або слюсарі не нижче за VI розряд, а злив аміаку — лише машиністи установки. Під час зливу присутність сторонніх людей поблизу цистерни не допускається, категорично забороняються в районі зливу вогневі роботи і куріння. В разі виникнення пожежі поблизу цистерни роблять всі можливі заходи для її вивозу в безпечне місце, а при неможливості вивозу - поливають цистерну водою, викликають пожежну команду і газорятівників. Після закінчення зливу цистерну при справному стані її устаткування і арматури пломбують і здають представникові залізничного транспорту.

Заповнення системи холодильним агентом з балонів.

Кожна партія балонів, що поступає на підприємство, з аміаком має бути забезпечена протоколом заводської лабораторії з вказівкою даних аналізу. В разі відсутності аналізу лабораторії або при відступі від заповнення системи аміаком не допускається. Балони повинні мати стандартні клейма, забарвлення і напис.

Перед приєднанням до аміачної системи з балона знімають ковпак, на штуцері вентиля відвертають заглушку, короткочасно прочиняють вентиль і

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

індикаторним папером перевіряють вміст балонів. Знімати ковпаки ударами молотка або інших предметів забороняється. Вихідний отвір штуцера вентиля при знятті заглушки направляють убік від аміаку, що працює щоб уникнути попадання, на обличчя і руки. При несправному вентилі балон відкладають убік і повідомляють про це начальника компресорного цеху. Ремонтувати вентилялі

заповнених балонів на підприємстві забороняється. Для ремонту несправні балони відправляють на завод-виготівник або в спеціальні майстерні.

Після перевірки балони з аміаком встановлюють на підставку в похилому положенні вентилями вниз і приєднують до кутових вентилів приймального колектора сталевими трубками, до кінців яких приварені штуцери з накладними гайками. Під час заповнення системи аміаком обслуговуючий персонал повинен мати при собі протигази типу КД і гумові рукавички. Категорично забороняється нагрів балонів в цілях підвищення в них тиску.

6.2.2. Електробезпека

Класифікація приміщення по мірі небезпеки ураженням електричним струмом

Згідно з Правилами пристрою електроустановок, всі електричні установки діляться на дві групи залежно від напруги: до 1000 В і вище 1000 В. На підприємствах холодильної промисловості, а також в харчовій промисловості і в торгівлі знаходяться в експлуатації установки лише першої групи.

Виробничі приміщення всіх видів залежно від міри небезпеки поразки електричним струмом діляться на три категорії:

- приміщення без підвищеної небезпечності — сухі, з підлогами з матеріалів які не проводять струм, без струмопровідного пилу і без великої кількості заземлених металевих предметів (адміністративні, конторські, учбові приміщення);
- приміщення з підвищеною небезпекою — сирі, з відносною вологістю повітря понад 75 %, температурою повітря більш 30°C; з підлогами із струмопровідних матеріалів (металеві, цегельні, бетонні), з можливістю одночасного дотику до металевих корпусів електроустаткування і заземленим металоконструкціям (вентиляційні камери, механічні майстерні, камери холодильників і ін.);
- особливо небезпечні приміщення — особливо сирі, з відносною вологістю повітря, близькою до 100%, наявністю хімічно активного середовища і два і більш за ознаки, що характеризують приміщення з підвищеною небезпекою.

Машинні і апаратні зали аміачних холодильних установок відносяться до останньої категорії.

Розрахунок заземлюючого пристрою

Захисному заземленню і зануленню підлягають металеві струмоведучі частини електроустаткування, які із-за несправності ізоляції можуть виявитися під напругою. На нашому підприємстві до них відносяться: корпуси компресорів, відцентрових аміачних насосів і вентиляторів.

Вихідні дані:

Напруга $U = 380 \text{ В}$, тому опір нового заземлюючого контуру має бути $[R] \leq 4 \text{ Ом}$:

						00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			78

Умова розрахунку:

Ґрунт - глина, для якої питомий опір $\rho = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. [7]

Розрахунок:

Заземлювач виконаний з труби (труба $d_T = 0,03\text{м}$ і довжиною $l_T = 2 \text{ м}$, діаметр і довжина одиночного стрижня).

Труби між собою сполучені сталевією смугою шириною $b_{\Pi} = 0,04 \text{ м}$.

Труби забиті так, щоб верхній край був нижчий за рівень землі на глибину $H_0 = 0,5\text{м}$

$t_0 = 0,5 \text{ м}$ -кодів на цій же глибині розміщена смуга.

Опір одного стрижня заземлювача:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l_m} \left(\ln \frac{2l_m}{d_m} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_m}{4t - l_m} \right); \quad (6.2)$$

$$R = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2} \right) = 18,80\text{м};$$

1) Середній питомий опір ґрунту:

$$\rho = \rho_{\phi} \cdot \psi = 40 \cdot 1,2 = 480\text{м}/\text{м}; \quad (6.3)$$

ρ - питомий опір ґрунту;

ψ - кліматичний коефіцієнт, що враховує сезонні коливання опору ґрунту.

$\Psi = 1,2$ [7]

2) d_T - зовнішній діаметр труби;

3) t - глибина центру труби;

Приймаємо відстань між стрижнями заземлювача, довжину одиночної смуги

$$l_{\Pi} = 2 \cdot l_T = 4 \text{ м};$$

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R}{[R]} = \frac{18,8}{4} = 4,7\text{шт}; \quad (6.4)$$

Округлимо набутого значення до найближчого стандартного значення 2, 4, 6, 20.

Приймаємо $n = 6$ шт.

Опір системи вертикальних заземлювачів:

$$C_{н.с} = \frac{88200 \cdot 6}{100} = 5292\text{грн}/\text{год}$$

Довжина горизонтального заземлювача:

$$L = l_n(n - 1);$$

$$L = 4 \cdot (6 - 1) = 20\text{м};$$

Опір горизонтального заземлювача:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi \cdot L \cdot \eta_2} \ln \frac{2L^2}{b_n \cdot t_0}; \quad (6.5)$$

$$R_2 = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 0,84} \ln \frac{2 \cdot 20^2}{0,04 \cdot 0,5} = 4,50\text{м};$$

Опір групових заземлювачів:

$$R_{2p} = \frac{R_8 \cdot R_2}{R_8 + R_2}; \quad (6.6)$$
$$R_{2p} = \frac{3,7 \cdot 4,5}{3,7 + 4,5} = 2,030 \text{ м};$$

Що менше допустимого $[R] = 4 \text{ Ом}$.

Висновок Заземлення контуру складається з чотирьох труб завдовжки 2 м забитих на відстані один від одного 4 м на глибину від верхнього рівня землі на 0,5 м, і у верхній частині мають з'єднання смугою шириною 0,04 м.

6.2.4. Розрахунок системи вентиляції

Кратність вентиляції залежить від вживаного хладагента. Машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок обладнали системами припливно-витяжної механічної вентиляції з кратністю повітрообміну в годину, визначуваною розрахунком, але не менше 2 для припливу і 3 для витягу.

Аварійна витяжна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не менше 8 об'ємів в годину (без врахування продуктивності робочої витяжної вентиляції). Використання аварійної вентиляції в якості робочої недопустимо.

Пускові пристрої аварійної вентиляції розміщують як усередині вентилязованих приміщень (у виходів), так і поза ними, на зовнішній стіні будівлі. Пристрою для пуску аварійної вентиляції, розміщені зовні, блокують з пристосуваннями для відключення живлення силового електроустаткування холодильної установки.

Тамбури-шлюзи і приміщення щитів автоматизації, суміжні з машинними (апаратними) відділеннями, обладнали окремими системами припливної, що постійно діяли системами припливної вентиляції, що забезпечують кратність повітрообміну не менше 5 об'ємів в годині Системи вентиляції мають резервні вентилятори, що автоматично включаються при виході з буд основних.

Прямки в машинних (апаратних) відділеннях завглибшки більше 0,5 м-коду забезпечують припливною вентиляцією, а прямки, в яких розміщено устаткування, що вимагає регулярного обслуговування, і витяжною вентиляцією. Для цих цілей використовують загально-обмінні системи вентиляції. При не цілодобовому або періодичному обслуговуванні установок в машинних (апаратних) відділеннях встановлюють сигналізатори витоку і аварійної концентрації пари аміаку в повітрі. Сигналізатор витоку включає системи припливно-витяжної вентиляції при підвищенні концентрації аміаку до 0,5—1 міліграма/л (0,07—0,14%), сигналізатор аварійній концентрації (прилад СБКА-1) досягши концентрації аміаку 1,5 міліграм/л (0,21 %) додаткові до загально-обмінної включає аварійну вентиляцію, відключає електроживлення холодильної установки і подає світлозвукової сигнал в приміщення з постійним перебуванням чергового персоналу (диспетчерська, пост охорони і т. д.).

Розрахунок системи вентиляції вироблюваний по кратності вентиляції по галузевих нормах.

Приплив $k = 2$

Витяг $k = 3$

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Аварійна $k = 8$

Продуктивність вентиляції:

$$\text{Приплив } L = V_{\text{к.ц.}} \cdot k = 720 \cdot 2 = 1440 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$$\text{Витяг } L = V_{\text{к.ц.}} \cdot k = 720 \cdot 3 = 2160 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$$\text{Аварійна } L = V_{\text{к.ц.}} \cdot k = 720 \cdot 8 = 5760 \text{ м}^3 / \text{год};$$

Потужність електродвигуна:

$$\text{Приплив } N_{\text{эл.дв.}} = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент}}} = \frac{1,2 \cdot 1440 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,85} = 0,14 \text{ кВт};$$

$$\text{Витяг } N_{\text{эл.дв.}} = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент}}} = \frac{1,2 \cdot 2160 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,85} = 0,21 \text{ кВт};$$

$$\text{Аварійна } N_{\text{эл.дв.}} = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент}}} = \frac{1,2 \cdot 5760 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,85} = 0,56 \text{ кВт};$$

Таблиця 6.1. Вентилятори

Вид вентиляції	Марка вентилятора	$N_{\text{эл}}$	n
Приточна	Ц4 – 70 №3	0,2 кВт	1400об/хв
Витяжна	Ц4 – 70 №4	0,3 кВт	1000об/хв
Аварійна	Ц4 – 70 №5	0,6 кВт	1400об/хв

6.3. Виробнича санітарія

Долікарська допомога при нещасних випадках на холодильнику

1. При отруєнні парами аміаку потерпілий має бути виведений на свіже повітря. Необхідно звільнити його від одягу, що утрудняє дихання. Виробити інгаляцію теплою парою, що містить 1-2% розчину лимонної кислоти, дати випити міцний солодкий чай, каву, лимонад. За наявності явищ роздратування необхідне полоскання носа, глотки 2% розчином солі.

2. При поразці аміаком очей: необхідно зробити рясне промивання очей струменем чистої води, потім надіти темні окуляри.

3. При поразці аміаком шкіри: необхідно обпалену поверхню рясно промити водою; потім уражену кінцівку опустити в теплу воду на 5 – 10, потім осушити шкіру рушником і покласти пов'язку з мазі, за відсутності мазі використовувати вершкове або соняшникове масло.

4. Перша долікарняна допомога при нещасних випадках від електричного струму полягає у виконанні наступних дій:

-звільнення потерпілого від дії струму (відключити електроустановку, перерубати проведення, скинути з його проведення за допомогою дерев'яного цівка й т.д.);

-надати першу медичну допомогу (спокій, свіже повітря, при необхідності зробити штучне дихання, зовнішній масаж серця, госпіталізація).

Висновок:

Розглянуті заходи охорони праці дозволяють покращити самопочуття людей, умови праці, а також приводять до зниження вірогідності виробничого

травматизму, професійних захворювань.

6.4. Протипожежні заходи

При проектуванні промислових підприємств велике значення приділяється пожежонебезпеці. Застосовують будівельні матеріали, що не згорають, розміщення електроустаткування, захист парової і водяної системи від грози, автоматизацію виробничих процесів і автоматичні засоби захисту.

Компресорний цех, за вибухопожежною небезпекою, відноситься до категорії А. Будівля вважається правильно спроектованим, якщо поряд з вирішенням функціональних, міцних, санітарним і інших технічних і економічних вимог, виконані умови пожежобезпечності. Для запобігання поширенню пожежі з однієї будівлі на інше між ними владнують протипожежні розриви. У компресорному цеху є щит з вогнегасниками і в нім застосовується спеціальне електроосвітлювальне устаткування.

Заходи протипожежного захисту в системі вентиляції здійснюються в цілях запобігання причинам виникнення пожежі. Ці заходи проводяться в двох напрямках:

а) для того, щоб унеможливити утворення вибухонебезпечних концентрацій газу, пари, пило-повітряної суміші, як в об'ємі всього приміщення, так і в будь-якій його частині (газоаналізатори, індикаторні папірці);

б) для того, щоб понизити можливість виникнення вибухів і пожеж в самих системах вентиляції.

Повітря з вмістом вибухонебезпечних відходів і пилу слід піддавати очищенню до потраплення у вентилятор, для чого пиловіддільники і фільтри встановлюють перед вентилятором.

Засоби пожежної автоматичної сигналізації

Надійний пожежний зв'язок і сигналізація грають важливу роль в своєчасному виявленні пожеж і виклику пожежних підрозділів до місця пожежі.

За призначенням зв'язок розділяється на три види: зв'язок сповіщення, призначений для виклику пожежних частин (команд) на пожежу; диспетчер, призначена для повсякденного керівництва і управління пожежною охороною; зв'язок на пожежі, призначений для керівництва пожежними підрозділами при гасінні пожеж.

Зв'язок сповіщення служить для прийому виклику на пожежі і стихійні лиха. Як зв'язок сповіщення використовують міський і місцевий телефонний зв'язок, спеціальний пожежний зв'язок з найбільш важливими об'єктами.

Диспетчерський зв'язок служить для передачі розпоряджень підрозділам пожежної охорони про виїзд на пожежі, стихійні лиха, а також для здобуття з місця пожежі необхідної інформації, підтримки зв'язку з підрозділами, що знаходяться в дорозі і на місці пожежі. Здійснюється з допомогою установок оперативного зв'язку, через комутатори і радіостанції.

Зв'язок на пожежі організовується для забезпечення управління підрозділами, їх взаємодії і передачі інформації. Для цієї мети використовують переносні радіостанції, польові телефонні апарати, мегафони.

Електричну пожежну сигналізацію складають встановлені на ділянках і цехах підприємства оповісники, за допомогою яких сигнал передається на пункт зв'язку

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					82

пожежної частини (команди) і приймальної станції, що забезпечує прийом сигналів.

Пожежні оповісники можуть бути ручної дії і автоматичними. Вони діляться на теплових, димових, світлових, комбінованих, ультразвукових.

Теплові оповісники спрацьовують при підвищенні температури довкілля, димові - при появі диму, світлові - за наявності відкритого вогню, комбіновані - при підвищенні температури і появі диму, ультразвукові, - при зміні ультразвукового поля під дією вогню.

Приймальні станції, отримуючи сигнал з оповісників, перетворюють їх в звукових і світлові сигнали, а в деяких випадках автоматично включають устаткування пожежогасінні.

На підприємствах і установах знайшли вживання приймальні станції ТОЛ-10/100 (тривожна, оптична, променева), які працюють з тепловими оповісники типа АТІМ-3, АТП-3М, ПОСТ-1 і ДТЛ і від ручних кнопкових оповісники типа ПКІЛ-9. Окрім вказаної станції, застосовується і ряд Інших, зокрема: димова пожежна установка сигналізації СДПУ-1, тепла пожежна установка сигналізації СТПУ-1 і комплексна пожежна установка сигналізації СКПУ-1.

Системи автоматичної пожежогасіння (первинні засоби пожежогасіння, пожежний інвентар)

Для автоматичного гасіння пожежі розпорошеною водою використовуються спринкирні і дренчерні установки. Вони діють залежно від температури повітря в приміщенні.

Противопожежне обладнання і інвентар.

При гасінні пожеж піною широко застосовують генератори високо-кратної піни ГВП.

Генератори ГВП мають декілька типів розмірів: ГВП-200, ГВП-600, ГВП-2000. Відрізняються вони один від одного геометричними розмірами і продуктивністю (від 200 до 2000 л/с). Механічна для Повітря піна виходить при змішуванні в генераторі води, піноутворювача і повітря. Використовуються піноутворювачі марок ПУ-1, ПУ-1Д, ПУ-6.

Вуглекислотні вогнегасники застосовують при гасінні пожеж: у електроустановках, що знаходяться під напругою до 1000 В. Промисловість випускає вуглекислотні вогнегасники ВВК-2, ВВК-5, ВВК-8 місткістю 2; 5 і 8 л. Вогнегасник складається з товстостінного балона, клапана і раструба-снігоутворювача.

У вогнегаснику ВПА-10 застосований аерозольний спосіб витіснення порошку. При натисненні на спусковий важіль голка, пов'язана з штоком важеля, проколює мембрану газового балона, і газ поступає в порожнину корпусу. Порошок з корпусу через щілинновидну насадку викидається на відстань 6—8 м, час дії — 25—30 с. Застосовують вогнегасники при гасінні горючих рідин і електроустановок, що знаходяться під напругою.

Останнім часом широке вживання отримали вуглекислотнобромолітійові вогнегасники типа ВВКБ-3Н. Як заряд використовують бромистий етил (97%) і зріджений диоксид вуглецю. Тиск в балоні при зарядці створюється стислим повітрям. Цим вогнегасником можна гасити різні речовини, що горять, і устаткування, знаходяться під напругою.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	00. БКР 142.008.003.ПЗ				83

7. Заходи щодо енергозаощадження

Одна з основних статей експлуатаційних витрат в універсальних холодильниках, є витрати на електроенергію. Відомо, що більша частина енергії споживається компресорами.

Щоб система працювала в номінальному режимі необхідно визначити, чи потрібно використовувати всю потужність двигунів і регулювати тиск нагнітання холодоагенту в систему. Для цього потрібно встановити систему автоматичного керування клапанами. Заходи, що дозволяють підвищити ефективність промислово-холодильних систем:

1. Знизити тиск холодоагенту у середині системи, при нульових витратах це буде давати значну економію, на весь час роботи устаткування.
2. Збільшити тиск усмоктування компресора.
3. Установити системи керування споживання потужності компресорами, відрегулювавши їх на кількі режимів роботи.
4. Установити систему керування вентиляторами конденсатора.
5. Установити системи керування на вентилятори системи охолодження.
6. Встановити системи рекуперації тепла. Компресори промислових холодильних систем, що використовують аміак, працюють із масляною системою охолодження. Охолоджуючись, мастило віддає тепло повітрю, яке дає можливість отримати великі вигоди при не великих витратах.
7. Здійснити аналіз системи контролю послідовності роботи компресорів і їх пропускної здатності, щоб не підключати зайві потужності.
8. Передбачити систему упорскування масла в компресор.
9. Знизити паразитарні навантаження на енергосистему:
 - Ефективну теплоізоляцію;
 - Щільні двері;
 - Попередне охолодження до температури в камері.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	84	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.								

8. Економічна частина

Метою цього розділу є техніко-економічна оцінка пропонованого до будівництва об'єкту і доказ економічної доцільності пропонованого варіанту.

Визначення продуктивності установки

Визначимо кількість виробленого холоду

Оскільки витрати на виробництво холоду при різних температурах кипіння не рівноцінні, їх слід відносити до стандартної величини.

Визначимо вироблення холоду в стандартних умовах

$$Q_{0\text{ст}} = \sum Q_{0\text{роб}} \cdot k \cdot t \cdot n \quad (8.1)$$

де $Q_{0\text{роб}}$ – холодопродуктивність компресорів в робочих умовах;

k – коефіцієнт переведення з робочих умов в стандартні (500 - 6000);

t – час роботи компресорів за рік, с;

n – кількість компресорів даного типу.

$$Q_{0-30} = 60 \cdot 1,07 \cdot 2500 \cdot 3600 = 0,56 \cdot 10^9 \text{кДж}$$

$$Q_{0-40} = 49,6 \cdot 2,2 \cdot 2500 \cdot 3600 = 0,98 \cdot 10^9 \text{кДж}$$

$$Q_{0\text{ст}} = 1,39 \cdot 10^9 + 2,35 \cdot 10^9 = 3,74 \cdot 10^9 \text{кДж}$$

8.1. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні витрати складаються з витрат на устаткування і будівлю холодильника і компресорного цеху.

$$K = C_{\text{хол}} + C_{\text{км.ц}} + C_{\text{заг}} \quad (8.2)$$

1). Вартість будівель C_b визначаємо за укрупненими показниками:

$$K_{\text{км.ц}} = 6480000 + 317215 = 6797215 \text{грн.} \quad (8.3)$$

де $V_{\text{хол}}$ - об'єм будівлі, м³;

$c_{\text{хол}}$ - вартість будівлі, грн/м³. (250\$ = 7500грн.)

$$C_{\text{хол}} = V_{\text{хол}} \cdot c_{\text{хол}} \quad (8.4)$$

де S , h – площа і висота приміщення відповідно

$$V_{\text{хол}} = 1296 \cdot 6 = 7776 \text{м}^3$$

$$V_{\text{км.ц}} = 144 \cdot 6 = 864 \text{м}^3$$

$$C_{\text{км.ц}} = 864 \cdot 7500 = 6480000 \text{грн}$$

$$C_{\text{хол}} = 7776 \cdot 7500 = 58320000 \text{грн}$$

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Разраб.</i>	Савотін К.О					ДП	85	95
<i>Керівник</i>	Філоненко В.Н					ННІТІ		
<i>Консульт.</i>						ХМ 4-11СК		
<i>Консульт.</i>								
<i>Затверд.</i>								

2). Вартість устаткування визначаємо за прейскурантом і зводимо в таблицю 8.1
Таблиця 8.1. Вартість устаткування

№ п/п	Назва обладнання	Од. вим.	Кількість	Вартість один. обладнання (грн)	Загальна вартість (грн)
1	Агрегат поршневий Grasso 80	шт	1	25000	90000
2	Агрегат поршневий Grasso 4210	шт.	1	20000	
3	Агрегат гвинтовий Grasso C310	шт	1	50000	15000
4	Конденсатор кожухотрубний	шт	1	15000	10000
5	Ресивер лінійний 2,5 РВ	шт	1	10000	24000
6	Ресивер циркуляц. 1,5РДВ	шт.	3	8000	8000
7	Ресивер дренажний 1,5РД	шт	1	8000	
Сумарна вартість обладнання				197000 грн.	
Вартість решти обладнання 10%				19700 грн.	
Розрахункова вартість обладнання				216700 грн.	
Витрати на проектні роботи 10%				21670грн	
Витрати на упакування, транспортуван. 15%				35505 грн.	
Витрати на монтаж 20%				43340 грн.	
Вартість всього обладнання				317215 грн	

Тоді капітальні вкладення по компресорному цеху

$$K_{км.ц} = 1728000 + 317215 = 2045215 \text{ грн.}$$

По холодильнику

$$K_{км.ц} = 2045215 + 15552000 = 17597215 \text{ грн.}$$

8.2. Розрахунок цехових витрат

Розрахунок собівартості виробництва холоду.

Собівартість продукції на проектованому холодильнику розраховується методом калькуляції собівартості 1000 кДж холоду.

Її розраховують по наступних статтях калькуляції:

- 1) Допоміжні матеріали;
- 2) Електроенергія;
- 3) Вода;
- 4) Заробітна плата виробничих робітників;
- 5) Амортизація холодильного устаткування і будівель;
- 6) Витрати на поточний ремонт устаткування і будівель;
- 7) Невраховані цехові витрати.

Розрахунок витрат по статті “ Допоміжні матеріали ”

До допоміжних матеріалів відносяться:

- а) холодильний агент;
 - б) змащувальні матеріали.
- а) Розрахунок вартості річної витрати холодильного агенту.

$$C_p = G_a \cdot C_a \tag{8.5}$$

де G_a - річне поповнення системи холодоагентом, т

C_a – ціна хол. агента Nh_3 за 1т. (2800 гривень)

Річний вжиток хол. агента при ремонті

$$G_a = \frac{q_{x.a} \cdot Q_{o_{cm}} \cdot k'}{1000} \tag{8.6}$$

де k' – коефіцієнт враховує втрати хол. агента при ремонтних роботах

$q_{x.a}$ - питома норма витрати хол. агента, кг/1000 кДж

$$G_a = \frac{0,00074 \cdot 3,74 \cdot 10^6 \cdot 1,2}{1000} = 3,32 \text{ т}$$

$$C_{z.a} = 3,32 \cdot 2800 = 9296 \text{ грн}$$

б) Розрахунок вартості річного вжитку змащувальних матеріалів.

$$G_M = \frac{(q_M \cdot z \cdot t) \cdot t'}{1000} \tag{8.7}$$

де z - сумарна кількість циліндрів компресорів, 14;

q_M - норма годинної витрати масла на 1 циліндр, $q_M=0,015$ кг/ч (для гвинтових $q_M = 0,12$ кг/ч на один компресор);

t - річний час роботи компресора, 6000час;

t' - нормативний час через яке повинен мінятися масло, 12000ч;

$$C_M = G_M \cdot C_M \tag{8.8}$$

де C_M - вартість 1т змащувальних матеріалів (2500 грн/т).

$$G_M = \frac{(0,015 \cdot 14 \cdot 6000) \cdot 6000 / 12000}{1000} = 0,63 \text{ т}$$

$$C_M = 0,63 \cdot 2500 = 1575 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат по статті “Допоміжні матеріали” зводимо в таблицю 8.2.
Таблиця 8.2. Допоміжні матеріали

№ пп	Стаття витрат	Витрати, грн
1.	Вартість хол. агента	9296
2.	Вартість змащувальних матеріалів	1575
РАЗОМ		10871
Інші невраховані витрати (5%)		543,55
ВСЬОГО		11414,55

Розрахунок витрат по статті “Електроенергія”

Розрахунок річних витрат на електроенергію вироблюваний по наступній залежності:

$$C_{2.эл} = N \cdot F \cdot Ц_{эл}, \quad (8.9)$$

$$N = N_{в} / \eta, \quad (8.10)$$

де N – споживана потужність, кВт;

$N_{в}$ – потужність компресора на валу, кВт;

η - ККД електродвигуна до компресора;

F – річний фонд робочого часу ХУ, година за рік.

$Ц_{ел}$ - тариф за 1 кВт•ч споживаної енергії (0,8 грн/кВт•ч)

$$N = 58,3 / 0,92 = 63 \text{ кВт}$$

$$C_{р.ел} = 63 \cdot 6000 \cdot 0,8 = 302400 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат по статті “Вода”

Вартість річного вжитку води визначаємо по наступній залежності

$$C_{р.в} = G_{в} \cdot Ц_{в}, \quad (8.11)$$

де $G_{в}$ - річний вжиток води, м³;

$Ц_{в}$ - вартість 1 м³ води, 15 грн/м³.

Річний вжиток води

$$G_{в} = q'_{в} \cdot \frac{Q_{о.ст}}{1000} \cdot 0,15 \quad (8.12)$$

де $q'_{в}$ - норма вжитку води на 1000 кДж холоду для кожухотрубних конденсаторів, м³/1000кДж

0,15 – коефіцієнт враховує наявність оборотного водопостачання

$$G_{в} = 0,01 \cdot \frac{3,74 \cdot 10^9}{1000} \cdot 0,15 = 5610 \text{ м}^3$$

$$C_{р.в} = 5610 \cdot 15 = 84150 \text{ грн}$$

Розрахунок по статті “Заробітна плата”

Чисельність машиністів і слюсарів визначаємо по нормативах на один компресор з врахуванням поправочного коефіцієнта.

Нормативна чисельність машиністів: $0,7 \cdot 3 \cdot 1,2 = 2,52$ Приймаємо трьох машиністів.

						00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			88

Чисельність слюсарів: Приймаємо трьох слюсарів.

Дані заносимо в таблицю 8.3.

Таблиця 8.3. Зарплата відрядна

Посада	Кількість чоловік	Зарплата за місяць (грн)	Річний фонд зарплати (грн)
Машиніст, V розряд	3	1200	43200
Слюсар V розряд	3	1250	45000
Фонд заробітної плати:			88200

Відрахування на соціальне страхування (2,9% від річного фонду з/п)

$$C_{c/стр} = \frac{C_{z.з} \cdot 2,9}{100} = \frac{88200 \cdot 2,9}{100} = 2557,8 \text{ грн/год}$$

Відрахування до фонду зайнятості (1,9% від річного фонду з/п)

$$C_{ф.з} = \frac{88200 \cdot 1,9}{100} = 1675,8 \text{ грн/год}$$

Відрахування до пенсійного фонду (32% від річного фонду з/п)

$$C_{п.ф.} = \frac{88200 \cdot 32}{100} = 28224 \text{ грн/год}$$

Відрахування на страхування від нещасних випадків на виробництві (від 0,8 до 13,8 % від річного фонду з/п)

$$C_{н.с} = \frac{88200 \cdot 6}{100} = 5292 \text{ грн/год}$$

Таблиця 8.4. Заробітна плата з відрахуваннями виробничих робітників

№ п/п	Статті витрат	Сума, грн
1	Фонд заробітної плати	88200
2	Відчислення на соц. страхування	2557,8
3	Відчислення на страхування від нещасних випадків	5292
4	Відчислення в фонд зайнятості	1675,8
5	Відчислення в пенсійний фонд	28224
6	Додаткова зарплата (5%)	6297,4
ВСЬОГО		132247

Амортизація холодильного устаткування і будівель

а) Амортизація будівлі компресорного цеху (5% від вартості будівлі)

$$C_{a.з.км.ц.} = \frac{C_з \cdot 5}{100} = \frac{1728000 \cdot 5}{100} = 86400 \text{ грн}$$

б) Амортизація устаткування (15% від вартості устаткування)

$$C_{a.уст} = \frac{C_{уст} \cdot 15}{100} = \frac{317215 \cdot 15}{100} = 47582 \text{ грн}$$

Витрат на поточний ремонт устаткування

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Приймаються у розмірі 5,5% від вартості устаткування

$$C_{np} = 317215 \cdot 0,055 = 17446 \text{ грн};$$

8.3. Неврахованих цехових витрат

Приймаємо у розмірі 10 – 20% від суми експлуатаційних витрат. Всі статті витрат зводимо в таблицю

Таблиця 8.5. Калькуляція собівартості вироблення холоду

№ п/п	Статі Витрат	Сума, грн
1	Допоміжні матеріали	10925.4
2	Електроенергія	302400
3	Вода	84130
4	Зарплата виробничих робітників	132247
5	Амортизація хол-го обладнання і будівлі	133982
6	Витрати на поточний ремонт	17446
7	Невраховані цехові витрати	68113
	РАЗОМ цехова собівартість	749243.4

Розрахунок собівартості вироблення холоду Собівартість 1000 кДж холоду розраховуємо по наступній залежності, грн.

$$C_{1000} = \frac{C_p}{Q_{o.p.ct}} \cdot 1000, \quad (8.13)$$

де C_p - річні витрати на виробництво холоду, грн.;

$Q_{o.p.ct}$ - річна холодопродуктивність компресорного цеху, кДж/год;

$$C_{1000} = \frac{749243.4}{1,54 \cdot 10^9} \cdot 1000 = 48,65 \text{ коп.}$$

8.4. Розрахунок експлуатаційних витрат по холодильнику.

Включає наступні статті витрат:

1. Виробництво холоду.
2. Заробітна плата працівників підприємства з відрахуваннями.
3. Амортизаційні відрахування, поточний ремонт, обслуговування (без витрат на виробництво холоду).
4. Невраховані витрати (загальновиробничі, позавиробничі).

Приймаються у розмірі 10% від вищеназваних витрат.

1. Виробництво холоду: 749243.4 грн
2. Фонд заробітної плати з відрахуваннями по підприємству приймемо у розмірі фонду для виробничих робітників – 132247 грн
3. Амортизація будівель (5% від вартості будівлі)

$$C_{a.б} = \frac{C_b \cdot 5}{100} = \frac{17280000 \cdot 5}{100} = 864000 \text{ грн}$$

Витрати на поточний ремонт будівлі (5,5% від вартості будівлі)

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

$$C_{\text{пр}} = 17280000 \cdot 0,055 = 950400 \text{ грн};$$

4. Невраховані затрати: 26958.9 грн.

РАЗОМ: $(C_{\text{пр}} + C_{\text{н}}) = 2722849.3$ грн.

8.5. Розрахунок річного прибутку

Величина економічного ефекту (прибутку) від холодильної обробки і зберігання по кожному виду продукції визначається закупівельною ціною продукції (сировини) і ціною її реалізації після холодильної обробки.

$$\Pi = \frac{C_{\text{р}} \cdot V \cdot (1 - \beta) - (C_{\text{з}} \cdot V + C_{\text{р}})}{K_{\text{пр}}}, \quad (8.14)$$

де V – об'єм продукції, т;

β - норма природного спаду продукції;

$C_{\text{р}}$ – ціна реалізації з ПДВ, 38000 грн/т;

$C_{\text{з}}$ – закупівельна ціна продукції, 32000 грн/т;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт податок, що враховує, на прибуток.

$$\Pi = \frac{38000 \cdot 10800 \cdot (1 - 0,02) - (32000 \cdot 10800 + 2722849,3)}{1,25} = 502776 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність (рентабельність) капітальних вкладень

$$E_{\text{р}} = \frac{\Pi}{K} = \frac{502776}{17597215} = 0,28 \geq E_{\text{н}}$$

Термін окупності капітальних вкладень

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{17597215}{502776} = 3,6 \text{ рік.} \leq T_{\text{н}}$$

Таблиця 8.6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

№ п/п	Показник	Значення
1	Холодильна ємкість одночасного зберігання, т	1250
2	Холодопродуктивність, кВт	124
3	Споживана потужність, кВт	63
4	Капітальні вкладення, грн	17597215
5	Собівартість 1000 кДж холода, коп	48.65
6	Експлуатаційні витрати, грн/рік	2722849.3
7	Прибуток, грн/рік	5027776
8	Термін окупності капітальних вкладень, років	3,6
9	Рентабельність	0,28

9.Висновки

Проектований холодильник для зберігання птиці загальною ємкістю 1250т розташований в смт.Брусилів Житомирської обл.і призначається для довгочасного і короткочасного зберігання, а також планомірного постачання до роздрібною торговою мережі і підприємств громадського харчування продуктами в широкому асортименті. Холодильник також забезпечує централізовану доставку продуктів в магазини і торгові точки обслуговуваного району міста.

Холодильник розміщується в межах обслуговуваного району на зручних автомобільних трасах, в зоні розміщення підприємств, виробляючих чи споживаючих дані продукти (м'ясокомбінат, молокозавод, їдальні, магазини). Передбачена єдина система енергопостачання (електростанції, котельні, водопостачання, каналізація), що знижує затрати на проектування, будівництво і експлуатаційні витрати.

В якості охолоджуючих приладів використані батареї стельові та пристінні. Це дає змогу максимально відгородити камери від самих великих теплопритоків – через покриття камер, а також знижує усушку продукту в період зберігання. Універсальні камери обладнуються підвісними повітроохолоджувачами для більш глибокого управління технологічним процесом. В компресорному цеху передбачається встановлення поршневих агрегатів.

Застосування компаундної насосно-циркуляційної системи подачі холодильного агента в прилади охолодження сприяє зменшенню аміакоємкості системи і відмови від проміжної посудини. При застосуванні насосно-циркуляційних схем пониження тиску в низькотемпературних установках не позначається на рівномірності розподілення холодильного агента по приладам охолодження, так як подача забезпечується циркуляційними насосами типу ЦНГ.

Температурний режим камер дозволяє зберігати як охолоджені так і заморожені вантажі.

Прийняті технічні рішення для холодопостачання камер холодильника не є новими, але випробувані та перевірені багаторічною практикою експлуатації таких холодильників.

Аміак має нульовий значення потенціалів руйнування озонного шару (ODP) і глобального потепління (GWP); токсичність аміаку і його пожежна небезпечність, при певних концентраціях у повітрі компенсуються опрацьованими надійними, перевіреними часом методами безпечної експлуатації аміачних холодильних установок і легкістю виявлення самих незначних витоків агента чутливими сигнальними приладами.

Аміачні холодильні машини задовольняють усім сучасним вимогам щодо озонобезпеки і запобігання глобальному потеплінню. Критерій TEWI аміачних холодильних машин набагато нижчий, ніж у машинах, які працюють на фреонах або їх сумішах.

					00. БКР 142.008.3.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савотін К.О				Проект холодозабезпечення птахокомбінату продуктивністю 55т/добу у смт. Брусилів Житомирська обл.	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Філоненко В.Н					ДП	92	95
Консульт.						ННІТІ		
Консульт.						ХМ 4-11СК		
Затверд.								

Зробивши розрахунок економічних показників проекту, отримав собівартість одиниці холоду 48,65 копійок при нормативному коефіцієнту економічної ефективності $E_n = 0,28$ та терміні окупності $T = 3,5$ років.

Тому даний проект є економічно виправданим, з достатнім рівнем рентабельності і розумним періодом окупності.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

10. Література

1. Чумак І.Г., Нікульшина Д.Г. Холодильные установки проектирование., Выща школа, 2008
2. С.Н. Богданов, О.П. Иванов, А.В. Куприянова Холодильная техника. Свойства веществ. Справочник. Л.: Машиностроение, 1976 и 1985.
3. Данилова “Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности.”
4. Н.Н. Кошкин Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Л.: Машиностроение, 1976.
5. И.А. Самойлов, В.Г. Игнатъев Охрана труда при обслуживании холодильных установок. М.: Агропромиздат,
6. М.І. Стеблюк Цивільний захист : Підручник. – К.: Знання, 2006 р. – 487с.
7. Чернецький А.М. Навчальний посібник «Холодильно-компресорні машини і установки». - Дніпропетровськ: ДМТ, 2009.
8. Чумак І. Г., Чепуренко В.П., Лагутин А.Е. и др. Холодильные установки. Проектирование – Одесса: Рефпринтінфо, 2005. – 479 с.
9. Бойко М.М. Експлуатація холодильного та торгового обладнання. - Харків: Компанія СМІТ, 2001. – 512.
10. Полевой А.А. Монтаж холодильных установок. - С.-П.: Политехника, 2005. - 260 с.
11. Канторович В.И., Гиль И.М. Устройство, монтаж и ремонт холодильных установок. - М.: Агропромиздат, 1998. - 630 с.
12. Законодавство України про охорону праці (в 4-х томах). - Київ, 2011.
13. Правила пожежної безпеки в Україні. Київ: Пожінформтехніка, 2001, 328 с.
14. Пособие для ремонтника. Практическое руководство по ремонту холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения. Перевод с французского. ЗАО "ОСТРОВ", 2000, 340 с.
15. В. Маке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-Л. Кошпен. Учебник по холодильной технике. Перевод с французского. - М., 1998, 1142 с.
16. Холодильные установки / І.Г.Чумак, В.П. Чепуренко, С.Ю. Лар'яновський та інші. - Одеса: Рефпринтінфо, 2006. - 560 с.
17. Изучающим основы холодильной техники /А.Е. Береснев, В.С. Буряк, Ю.М. Воробьев и др. - М.: Холодильная техника, 1996. -141с.
18. Проблеми вибору холодильних агентів. Холод, 2007, №2, с. 24-27.
19. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: Монография. - Рязань: Узоречье, 2003, 470 с.
20. Вопрос эффективности: R 404A или R 507 - Холодильный бизнес, 2005, №9, с. 22-24.
21. Железний В.П., Проценко Д.Ю. Компресорні мастила для холодильних машин. - Холод, 2004, №1, с. 10-13; №2, с. 16-21.
22. Форс Пирсон. Как повысить энергетическую эффективность холодильного оборудования. Холодильный бизнес, 2004, № 7, с. 43-47.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

23. ДСТУ Б.А.2.4-4-2001 «Основні вимоги до проектної та технічної документації»
24. Навчальний посібник до дипломного проектування з дисципліни «Холодильно – компресорні машини і установки» для студентів спеціальності 5.05060403 «Монтаж і обслуговування холодильно-компресорних машин та установок», ЦКМД, 2010.
25. Холодильные установки. Проектирование/ И.Г. Чумак, В.П. Чепуренко, А.Е. Лагутин и др. – Одесса: Рефпринтинфо, 2005. – 479 с.
26. Холодильні установки та сфери їх використання. Хмельнюк М.Г., Подмазко О.С., Подмазко І.О. Херсон: Гринь Д.С., 2014 -484 с.
27. Управління якістю у харчовій промисловості із врахуванням Європейського харчового кодексу і міжнародно визнаних стандартів. Міхальські Т., Ліліє Ф., Досін А. Довідник – Львів: ПАІС, 2006 – 336 с.
28. Директива ЄС 97/23/ЄС про зближення законодавства країн-членів ЄС щодо устаткування, яке працює під тиском;
29. Директива ЄС 89/392/ЄЕС про зближення законодавства країн-членів ЄС щодо продукції машинобудування;
30. Директива ЄС 73/23/ЄЕС про зближення законодавства країн-членів ЄС стосовно електричного обладнання, розрахованого на певні граничні значення напруги;
31. Директива ЄС 89/336/ЄЕС про зближення законодавства країн-членів щодо електромагнітної сумісності.
32. EN 378 1-4 Холодильне обладнання та теплові насоси: вимоги по техніці безпеки та впливу на навколишнє середовище.
33. EN 14276-2 Обладнання, що працює під тиском (до холодильного обладнання та теплових насосів). Частина 2: Трубопроводи.
34. EN 13445 Обладнання, що працює під тиском і не підігрівається полум'ям.
35. EN 13480 Металеві промислові трубопроводи
36. Європейський стандарт EN 378: Холодильне обладнання та теплові насоси.

					00. БКР 142.008.003.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95