

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“01” жовтня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вихришук Павло Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи холодопостачання рибопереробного заводу з потужністю 3600 тон готової продукції на добу в м. Білгород-Дністровський, що включає порівняльний аналіз енергоефективних заходів та роботи холодильного обладнання на основі різних системних рішень

керівник роботи к.т.н., доц, Рябчук Олександр Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.10.2024 року № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2024 року

3. Вихідні дані до роботи передбачити камери зберігання сировини(охолодженої, замороженої), холодоагент R507, теплоізоляційні конструкції сендвіч-панелі на основі пінополіуретану

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

Вступ, Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції; Розрахунок камери заморожування та охолодження продукції; Розрахунок техніко-економічних показників; Розділ охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу

1.Схема холодильної установки(А1)

2. План та розріз будівлі холодильника (А1)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 01.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	01.10-10.10.2024	
	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	10.10.24-29.11.2024	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	29.11-02.12.2024	
	Подача роботи на перевірку тексту кваліфікаційної роботи на академічний плагіат	02.12-05.12.2024	

Здобувач _____
(підпис)

Вихрищук П. О. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Рябчук О.М. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Система охолодження камер реалізується за допомогою повітряних охолоджувачів. У ході виконання проекту було створено схему роботи холодильної установки з оптимальними параметрами охолодження, а також підібрано обладнання, яке забезпечує ефективну та стабільну роботу.

У процесі розрахунків було визначено обладнання, яке максимально відповідає вимогам експлуатації, демонструє високу продуктивність навіть за несприятливих умов, а також сприяє зменшенню енергоспоживання. Проведені дослідження охоплювали розрахунки будівельних конструкцій та вибір теплоізоляційних матеріалів, визначення площі холодильних камер, аналіз теплових втрат, а також добір основного і допоміжного обладнання для роботи всієї системи охолодження.

Проект також включає розділи, присвячені питанням охорони праці та техніко-економічного обґрунтування. Графічна частина представлена у вигляді планів і схем: загальних планів холодильника, розрізів, схем трубопроводів, плану розташування обладнання машинного відділення, а також систем автоматизації та електропостачання.

У ході виконання роботи було використано 19 джерел інформації.

Ключові слова: рибопереробний завод, система охолодження, повітряні охолоджувачі, ефективність, зберігання охолоджених і заморожених продуктів, техніко-економічний аналіз, AutoCAD, Microsoft Office, теплоізоляційні матеріали.

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вихрищук П. О.			Анотація	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Рябчук О. М.					1	
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.				ХМ-2-9М		

ANNOTATION

The cooling system for the chambers is implemented using air coolers. During the project, a refrigeration system operation scheme with optimal cooling parameters was developed, and equipment was selected to ensure efficient and stable operation.

The calculations identified equipment that fully meets operational requirements, demonstrates high performance even under adverse conditions, and contributes to energy savings. The research included calculations of building structures and the selection of thermal insulation materials, determining the area of cooling chambers, analyzing heat losses, and selecting primary and auxiliary equipment for the entire cooling system.

The project also includes sections on occupational safety and technical and economic justification. The graphical part is presented as plans and diagrams: general layouts of the refrigeration facility, cross-sections, pipeline diagrams, equipment layout plans for the machine room, as well as automation and power supply systems.

Nineteen information sources were used during the work.

Keywords: fish processing plant, cooling system, air coolers, efficiency, storage of chilled and frozen products, technical and economic analysis, AutoCAD, Microsoft Office, thermal insulation materials.

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Зміст

РОЗДІЛ 1 Холодильна частина

1. Техніко- економічна доцільність.....	3
2. Технологія приготування продукції.....	5
3. План приміщення та визначення розмірів холодильника.....	10
4. Ізоляційні та теплоізоляційні конструкції.....	14
5. Теплонадходження.....	22
6. Навантаження на компресори.....	35
7. Вибір системи охолодження та та холодильної установки.....	36
8. Розрахунок режиму, побудова циклу та визначення параметрів ХУ. Підбір компресорів.....	38
9. Теплообмінне обладнання	43
10. Допоміжне обладнання.....	45
11. Фреонові магістралі	47
12. Рекуперація.....	51
13. Аналіз енергозберігаючих заходів.....	53

РОЗДІЛ 2 Розрахунок показників ефективності в техніко-економічному аспекті.

14. Економічний розрахунок.....	57
15. Охорона праці	61

РОЗДІЛ 1 Холодильна частина

1. Техніко- економічна доцільність

Для забезпечення ефективного функціонування системи холодопостачання рибопереробного заводу необхідно виконати детальний розрахунок усіх її компонентів. Основою розрахунків є визначення потреби в холоді, яка залежить від обсягів оброблюваної сировини. Для заводу з продуктивністю 3600 тонн готової продукції на добу приблизна холодопродуктивність складає **500 кВт**.

Наступним етапом є визначення ключових параметрів системи, таких як температура холодоносія, температурний режим у камерах зберігання, теплове навантаження та інші технічні характеристики. На основі цих даних підбирається необхідне обладнання: компресори, конденсатори, повітроохолоджувачі, насосні станції та трубопроводи. Це забезпечує надійну роботу системи з мінімальними втратами енергії та максимальним рівнем ефективності.

Економічна оцінка проекту включає аналіз витрат на придбання обладнання, монтаж, обслуговування та енергоспоживання. Паралельно проводиться оцінка очікуваного прибутку від реалізації продукції, що дозволяє визначити загальну техніко-економічну ефективність проекту.

У проекті передбачено використання безнасосної системи подачі холодоагенту, яка демонструє високу ефективність та надійність у порівнянні з альтернативними фреоновими системами. Такий підхід дозволяє оптимізувати роботу холодильної установки, зменшити ризики несправностей і знизити експлуатаційні витрати.

Для забезпечення охолодження застосовуються комбіновані методи: прямий та непрямий. Прямий метод гарантує швидке зниження температури продуктів, тоді як непрямий — сприяє зниженню капітальних витрат і забезпечує високу якість продукції. Завдяки використанню проміжного холодоносія (води), непрямий метод дозволяє уникнути псування продуктів у разі аварійного витоку холодоагенту.

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

У камерах охолодження встановлено повітряні охолоджувачі, які забезпечують ефективну циркуляцію охолодженого повітря, що сприяє рівномірному заморожуванню та охолодженню продуктів. Примусова циркуляція дозволяє максимально швидко відводити тепло від охолоджуваних об'єктів, зберігаючи їхні якісні характеристики.

Для відведення тепла, що утворюється під час роботи холодильної системи, використовуються конденсатори з теплообмінниками повітряного типу. Ці пристрої сприяють зниженню енергетичних витрат, особливо в літній період, завдяки зменшенню тиску конденсації. Використання таких конденсаторів дозволяє уникнути необхідності у водяному охолодженні, що також зменшує капітальні витрати та спрощує обслуговування.

									Лист
									4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

2. Технологія приготування продукції

Проект передбачає створення рибопереробного виробництва, яке включає цех із попереднім розморожуванням риби, засоленням риби, копченням, а також цех із виготовлення пресервів з морепродуктів та вакуумного пакування готової продукції.

Встановлені терміни зберігання і параметри камер для різних видів продукції:

- Солоної риби (оселедець) — 500 т/добу. Зберігання: 1 доба при температурі +2°C. Упаковка: полімерний ящик, 30л.
- Рибні фарші та інші напівфабрикати — 1500 т/добу. Зберігання: 1 доба при -22°C. Упаковка: вакуумне пакування по 5 кг, коробки по 25 кг.
- Риби холодного копчення звичайних сортів (скупмбрія, оселедець) — 500 т/добу. Зберігання: 1 доба при +2°C. Упаковка: вакуумне пакування по 5 кг, коробки по 25 кг.
- Пресерви з морепродуктів — 1100 т/добу. Зберігання: 1 доба при +2°C. Упаковка: полімерні банки по 0,5 кг, коробки по 25 кг.

Комплекс рибопереробки буде захищений периметральною огорожею та матиме головний в'їзд. Організовані транспортні та технологічні потоки забезпечать безпечне і зручне пересування по території, сприятимуть доставці сировини, матеріалів та відвантаженню готової продукції.

Технічні рішення у проекті відповідають сучасним стандартам обробки риби, враховують потреби споживачів та всі відповідні технічні норми. Щоб забезпечити безперебійну роботу комплексу протягом року та створити комфортні умови праці, виробничі потужності оснащено такими системами:

- електропостачання
- водопостачання
- теплопостачання
- каналізація
- вентиляція.

									Лист
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Сировина доставляється автомобілями з ізотермічним кузовом у замороженому або охолодженому вигляді. На переробку надходить як вже оброблена риба, так і необроблена (скумбрія). Заморожену рибу отримують у целофанових обгортках або запаяних полімерних пакетах масою від 9 до 30 кг, а охолоджену — в полістиролових ящиках з кришкою, масою від 20 до 30 кг.

Виробництво солоної риби

Виробництво солоної риби включає наступні етапи переробки замороженої риби:

- приймання сировини;
- розморожування;
- оброблення;
- засолювання;
- сортування;
- фасування;
- пакування;
- маркування;
- реалізація або зберігання.

Сировина приймається через докові ворота, потім охолоджену рибу направляють на переробку або зберігають у камерах. Заморожену рибу подають у відділ розморожування, де її розпаковують і перевіряють. Для розморожування рибу розміщують у спеціальних візках і витримують при температурі не вище +20°C, поки риба не набуде необхідної гнучкості (температура всередині тіла -1/-2°C). Після розморожування рибу направляють у сировинне відділення.

У сировинному відділенні функціонує лінія попередньої обробки оселедця. Риба промивається, потрошиться, а потім проходить фінальне миття перед засолюванням. Підготовленого оселедця укладають на візки для подальшого процесу засолювання.

Всі відходи збираються у спеціальні контейнери, які зберігаються в холодильнику при температурі +4°C.

									Лист
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Процес засолювання риби виконується у соляному цеху з підтримкою температури +4°C. Рибу солять сухим або тузлучним методом:

1. **Сухий посол** проводять у полімерних ящиках з кришками, які слугують піддонами. На дно ящика насипають шар солі товщиною 2 см, потім викладають рибу (філе) шарами, рівномірно пересипаючи кожен шар сіллю.

2. **Тузлучний посол** виконується шляхом укладання риби у спеціальні візки та заливання її розсолем (співвідношення 2:1). Засолювання триває від трьох до семи днів, залежно від виду, якості та розміру риби.

Протягом усього процесу засолювання перевіряється стан розсолу: кожні дві доби оцінюють температуру, щільність та якість тузлуку. Підготовлений розсіл подають трубопроводом до цеху для засолювання. Насоси забезпечують циркуляцію та подачу тузлуку.

Для зберігання солі виділено окреме приміщення з піддонами. Після засолювання рибу направляють до дільниці підготовки для копчення або у відділ вакуумного пакування.

Усі інструменти та обладнання після кожного використання очищають і дезінфікують гарячою водою з додаванням мийних та дезінфікуючих засобів, після чого обполіскують гарячою водою перед наступним використанням.

Приготування рибних фаршів та інших напівфабрикатів

Технологія виготовлення рибних фаршів та напівфабрикатів на рибопереробному заводі включає декілька основних етапів. Спершу сировину приймають та перевіряють на якість, після чого заморожену рибу розморожують у спеціальних камерах або ємностях із водою. Далі рибу миють для видалення льоду, слизі та інших забруднень.

На етапі оброблення у риби відділяють голову, плавники та нутрощі. Рибу розбирають на філе, видаляючи кістки, після чого філе додатково перевіряють на залишкові кістки чи інші забруднення.

									Лист
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Потім філе подрібнюють на спеціальному обладнанні, що дозволяє отримати фарш із потрібною консистенцією. Під час змішування до фаршу додають сіль, спеції та інші інгредієнти відповідно до рецептури.

Готовий фарш розділяють на порції та формують у вигляді котлет, фрикадельок чи інших виробів. За потреби напівфабрикати панірують у сухарях чи борошні. Деякі вироби можуть попередньо обсмажувати для поліпшення смаку та збереження форми.

Готові напівфабрикати заморожують у камерах шокового заморожування, що дозволяє зберегти якість продукту. Після цього продукцію упаковують у вакуумні пакети або лотки, маркують із зазначенням дати виробництва, терміну зберігання, та іншої інформації. Готові вироби зберігаються в морозильних камерах при температурі $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ до моменту відвантаження та доставляються у спеціально обладнаному транспорті, що підтримує належний температурний режим.

Приготування риби холодного копчення

Спочатку приймається сировина — свіжозаморожена або охолоджена риба, яка перевіряється на якість та відповідність стандартам. Після цього риба проходить етап засолювання, який може здійснюватися сухим або тузлучним методом. Засолювання є необхідним для збереження риби та надання їй потрібного смаку.

Після засолювання риба піддається просушуванню, що забезпечує оптимальну консистенцію та текстуру для копчення. Потім вона потрапляє до камери холодного копчення, де під впливом диму при температурі не більше $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ риба коптиться від кількох годин до кількох діб. Це надає продукту характерний смак і аромат.

Після копчення риба охолоджується до кімнатної температури і, за необхідності, проходить дозрівання для розвитку смакових якостей. Готова риба упаковується в вакуумні пакети або інші герметичні контейнери, що допомагає зберегти її свіжість. Паковану продукцію зберігають в холодильних камерах, забезпечуючи збереження її якості та смакових властивостей на протязі певного часу.

									Лист
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Приготування пресервів з морепродуктів

Технологія виробництва пресервів із морепродуктів на рибопереробному заводі складається з кількох ключових етапів. Починається процес з приймання сировини: морепродукти оглядають та сортують за розміром і якістю. Заморожену сировину розморозжують у спеціальних умовах — у воді або повітряних камерах із контрольованою температурою, щоб уникнути втрати вологи та поживних речовин. Після цього морепродукти ретельно промивають, видаляючи зайві домішки та залишки льоду.

Наступний етап — оброблення та підготовка морепродуктів. Залежно від виду, їх чистять, видаляють небажані частини (панцирі, нутроці) та подрібнюють, якщо це передбачено рецептурою. Для деяких видів проводиться попереднє бланшування або обсмажування, що покращує смакові властивості продукту та подовжує термін зберігання.

Після обробки морепродукти укладають у спеціальні контейнери або банки, де їх заливають розсолем, олією, маринадом або соусом, підготовленими за технологічними вимогами. Для кожного виду пресервів підбирається свій склад заливки, що забезпечує необхідний смак та якість продукції. Після додавання заливки продукт герметично закупорюють, щоб запобігти проникненню повітря, що може вплинути на термін зберігання.

Готові пресерви охолоджують у спеціальних умовах та направляють на етап дозрівання, якщо це потрібно для конкретного виду продукції. Після дозрівання пресерви маркують та пакують у полімерні контейнери або банки для зберігання та транспортування.

Готова продукція зберігається при низьких температурах у холодильних камерах, забезпечуючи збереження свіжості та смакових якостей.

									Лист
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

3. План приміщення та визначення розмірів холодильника

Сітку колон приймаю 6×18 м, висоту камер – 6 м. Вантажний прохід має ширину 5м і висоту 5м. Висота зони зберігання продукції - 4,5 м. Холодильник одноповерховий. Камера №1 буде використовуватися для охолодження солоної риби; камера № 2 – для зберігання заморожених рибних фаршів та інших напівфабрикатів; камера № 3 – для риби холодного копчення, камера №4 – для прессервів з морепродуктів. Визначаю розрахункову будівельну площу камери зберігання:

$$F_{\text{буд}} = \frac{V_{\text{к}}}{q_v * \beta_f * h_{\text{гр}}}$$

де $V_{\text{к}}$ - місткість камери, т; q_v -норма завантаження продукту, т/м³ ;

β_f - коефіцієнт використання будівельної площі камери; $h_{\text{гр}}$ - вантажна висота, м.

Площа одного будівельного прямокутника:

$$f = b * l = 6 * 18 = 108 \text{ м}^2$$

Де b - ширина будівельного прямокутника, м; l – довжина будівельного прямокутника, м.

Визначаю кількість будівельних прямокутників:

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f}$$

1) Розрахункова будівельна площа камери № 1:

$$F_{\text{буд}1} = \frac{V_{\text{к}}}{q_v * \beta_f * h_{\text{гр}}} = \frac{500}{0,7 * 0,75 * 5} = 191 \text{ м}^2$$

$V_{\text{к}}=500$ т -місткість камери;

$q_v=0,7$ т/м³ – норма завантаження продукту;

$\beta_f=0,75$ – коефіцієнт використання будівельної площі камери.

Кількість будівельних прямокутників:

									Лист
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$n1 = \frac{F_{\text{буд1}}}{f} = \frac{191}{108} = 1,8 ;$$

Приймаю 2 квадрати

2) Розрахункова будівельна площа камери № 2

$$F_{\text{буд2}} = \frac{V_{\text{к}}}{q_{\text{в}} * \beta f * h_{\text{гр}}} = \frac{1500}{0,7 * 0,75 * 5} = 570 \text{ м}^2$$

$V_{\text{к}}=1500$ т

$q_{\text{в}}=0,7$ тон/м³

$h_{\text{гр}}=5$ м

$\beta=0,75$.

Кількість будівельних прямокутників:

$$n2 = \frac{F_{\text{буд2}}}{f} = \frac{570}{108} = 5,3 ;$$

Приймаю 6 квадратів

3) Розрахункова будівельна площа камери № 3

$$F_{\text{буд3}} = \frac{V_{\text{к}}}{q_{\text{в}} * \beta f * h_{\text{гр}}} = \frac{500}{0,7 * 0,75 * 5} = 191 \text{ м}^2$$

$V_{\text{к}}=500$ т

$q_{\text{в}}=0,7$ тон/м³

$h_{\text{гр}}=5$ м

$\beta=0,75$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n3 = \frac{F_{\text{буд3}}}{f} = \frac{191}{108} = 1,8 ;$$

Приймаю 2 квадрати

									Лист
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

4) Розрахункова будівельна площа камери № 4

$$F_{\text{буд4}} = \frac{B_{\text{к}}}{qv * \beta f * h_{\text{гр}}} = \frac{1100}{0,7 * 0,75 * 5} = 420 \text{ м}^2$$

$B_{\text{к}}=1100$ т

$qv=0,7$ тон/м³

$h_{\text{гр}}=5$ м

$\beta=0,75$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_4 = \frac{F_{\text{буд4}}}{f} = \frac{420}{108} = 3,9 ;$$

Приймаю 4 квадрати

Загальна площа камер

$$F_{\text{буд}} = \sum n_i * f = 4 * 108 = 432 \text{ м}^2$$

Загальну площу експедиції:

$$F_{\text{екс}} = 0.4 * \frac{\sum M}{0.35} = 0.4 * \frac{572}{0.35} = 654 \text{ м}^2$$

Де $\sum M$ - Загальний обсяг продукції, який щодоби надходить до камери, т/добу.

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_{\text{екс}} = \frac{654}{108} = 6 ;$$

Приймаю 6 квадратів

Площа допоміжних приміщень:

$$F_{\text{доп}} = 0.35 * \sum F_{\text{буд}} = 0.35 * 432 = 151,2 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_{\text{доп}} = \frac{151,2}{108} = 1,4 ;$$

									Лист
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Приймаю 6 квадратів

Площа холодильника в контурі ізоляції:

$$F_{\text{хол}} = \sum F_{\text{буд}} + F_{\text{екс}} + F_{\text{доп}} = 1512 + 654 + 530 = 2696 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників - 26.

Площа службових приміщень:

$$F_{\text{сл}} = 0.3 * \sum F_{\text{буд}} = 0.3 * 1512 = 45,3 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n_{\text{сл}} = \frac{45,3}{108} = 0,4;$$

Приймаю 1 квадрат

Площа машинного відділення:

$$F_{\text{маш}} = 0.3 * \sum F_{\text{буд}} = 0.3 * 1512 = 45,3 \text{ м}^2$$

Приймаю 1 квадрат

Загальна площа холодильника. за формулою:

$$F_{\text{хол}} = F_{\text{хол}} + F_{\text{сл}} + F_{\text{маш}} = 2696 + 45,3 + 45,3 = 2745 \text{ м}^2$$

Назва	$F_{\text{буд}}$	f	n	пд	$F_{\text{д}}$
	м ²	м ²			м ²
1.Зберігання риби солоної	191	108	1,8	2	216
2. <u>Зберігання та заморозка рибних фаршів та напівфабрикатів.</u>	570	108	5,3	6	648
3. Зберігання риби холодного копчення	191	108	1,8	2	216
4. Зберігання пресервів з морепродуктів	420	108	3,9	4	432
5. Експедиція	654	108	5,9	6	648
6. Допоміжні приміщення	530	108	4,9	6	648
7. Службові приміщення	45,3	108	0,4	1	108
8. Машинне відділення	45,3	108	0,4	1	108
9. Холодильник в контурі	2745	108	25,4	26	2808

									Лист
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

4. Ізоляційні та теплоізоляційні конструкції

Пінополіуретан використаємо як ізоляційний матеріал. Він входить до складу сендвіч-панелей, що використовуються як ізоляція в камерах і підсобних приміщеннях, а також для стелі. Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідно знати параметри.

Товщина металевого листа δ , мм	0,5
Коефіцієнт теплопровідності металу λ , Вт/(м ² ·К)	50
Коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції із пінополіуретана λ , Вт/(м ² ·К)	0,021

Стандартний ряд товщин панелей, мм: 50-150 мм.

Параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С		
	літня	зимова	середньорічна
Білгород- Дністровський	36	-26	12,3

Товщина ізоляційного шару для зовнішніх стін:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right], \text{ м}$$

Де $\lambda_{із}$ - коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу, Вт/(м²*К);

K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, Вт/ (м²*К);²

$\alpha_{зз}$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огородження, Вт/ (м²*К);

$\alpha_{вв}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огородження, Вт/ (м²*К).

Оскільки у сендвіч панелей товщина металевих листів дуже мала, і коефіцієнт теплопровідності їх досить великий тому ними можна знехтувати. Тоді формула матиме вигляд:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right], \text{ м}$$

									Лист
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Рахую коефіцієнт теплопередачі дійсний:

$$K_o^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{ЗОВ}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ВН}}}\right) + \frac{\delta_{\text{ІЗ}^D}}{\lambda_{\text{ІЗ}}}}$$

1) Камера № 1; $t_{\text{кам}} = + 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Зовнішня стіна:

Розрахунок товщини ізоляції для зовнішньої стінки



$$\lambda_{\text{ІЗ}} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{ВН}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{\text{ІЗ}} = 0,021 * \left[\frac{1}{0,29} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0,07 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5}\right) + \frac{0,1}{0,021}} = 0,253 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Стіна між камерою та виробничими приміщеннями та експедицією (9 °C)

$$\lambda_{\text{ІЗ}} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,479 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{ВН}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{\text{ІЗ}} = 0,021 * \left[\frac{1}{0,5} - \left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0,041 \text{ м}$$

									Лист
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,29 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R\delta_{із} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5}\right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0.253$$

Стіна між камерою №2 (-22 °С) :

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,45 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{із} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.45} - \left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.043 \text{ м}$$

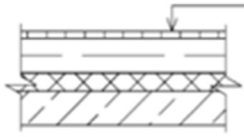
Товщина сендвіч-панелі 100 мм.

$$K_o^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385$$

									Лист
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Підлога камери:



1. чиста підлога	0,05м
2. бетонна підготовка з залізобетону	0,2м
3. пергамін	0,001м
4. теплоізоляція	-
5. гідроізоляція	0,001м
6. бетонна підготовка	0,2м

$$\lambda_{із} = 0,023 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,41 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$R\delta_{із} = 0,023 * \left[\frac{1}{0,41} - \left(\frac{1}{9} + \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,2}{1,6} + \frac{0,001}{0,14} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{1,4} \right) \right] = 0,046 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,2}{1,6} + \frac{0,001}{0,14} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{1,4} \right) \frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5}} + \frac{0,08}{0,023}$$
$$= 0,256 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

2) Камера № 2 $t_{\text{кам}} = - 22 \text{ }^\circ\text{C}$

Стіна між камерами

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{із} = 0,021 * \left[\frac{1}{0,5} - \left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0,037 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 100 мм.

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,385$$

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стіна між камерою та виробничими приміщеннями та експедицією (9 °C)

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,479 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{із} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.5} - \left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.041 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 100 мм .

$$K_o^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{із} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{вн} = 10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R\delta_{із} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 100 мм .

$$K_o^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0.253$$

Підлога камери:

$$\lambda_{із} = 0,023 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o = 0,41 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$R\delta_{із} = 0.023 * \left[\frac{1}{0.41} - \left(\frac{1}{9} + \frac{0,05}{1,4} + \frac{0,2}{1,6} + \frac{0,001}{0,14} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{1,4} \right) \right] = 0.046 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 100 мм .

									Лист
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

$$K_o=0,479 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3=8,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}}=10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{\text{із}} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.5} - \left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.041 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8,12} + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0.385 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

4) Камера № 4 $t_{\text{кам}} = + 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Стіна з південної сторони:

$$\lambda_{\text{із}} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o=0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3=23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}}=10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$\delta_{\text{із}} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.28} - \left(\frac{1}{23.3} + \frac{1}{10.5} \right) \right] = 0.072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0.253 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Покрівля камери:

$$\lambda_{\text{із}} = 0,021 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

$$K_o=0,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_3=23,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}}=10,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

$$R\delta_{\text{із}} = 0.021 * \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) \right] = 0.072 \text{ м}$$

Товщина сендвіч-панелі 80 мм.

$$K_o^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + \frac{1}{10,5} \right) + \frac{0,08}{0,021}} = 0.253$$

									Лист
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Огородження	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$\alpha_{зов}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{в}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Товщина теплоізоляційного шару, м		Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	
				$\delta_{із}^n$	$\delta_{із}^o$	K_0	K_0^o

Камера зберігання риби солоної делікатесної групи та риби солоної звичайної

Зовнішня стіна	1	23,3	10,5	0,07	0,08	0,29	0,253
Стіна між камерою та виробничими приміщеннями 12°C	1	8,12	10,5	0,041	0,05	0,479	0,385
Стіна між камерою та експедицією 9°C	1	8,12	10,5	0,043	0,05	0,45	0,385
Покрівля	1	23	10,5	0,072	0,08	0,29	0,253

Камера заморожування та зберігання риби делікатесної групи холодного копчення та риби звичайної холодного копчення

Стіна між камерою та виробничими приміщеннями 12°C	-2	8,12	10,5	0,043	0,05	0,44	0,385
Стіна між камерою та експедицією 9°C	-2	8,12	10,5	0,043	0,05	0,44	0,385
Стіна між камерами	-2	8,12	10,5	0,037	0,05	0,5	0,385
Покрівля	-2	23,3	10,5	0,072	0,08	0,28	0,253

Камера зберігання пресервів

Зовнішня стіна з південної сторони	1	23,3	10,5	0,072	0,08	0,29	0,253
Стіна між камерою та виробничими приміщеннями 12°C	1	8,12	10,5	0,043	0,05	0,46	0,385
Стіна між камерою та експедицією 9°C	1	8,12	10,5	0,043	0,05	0,45	0,385
Покрівля	1	23,3	10,5	0,072	0,08	0,29	0,253
Стіна між камерами	1	8,12	10,5	0,037	0,05	0,5	0,385

5. Теплонадходження

Розрахунок теплонадходжень до приміщень, які потребують охолодження, проводиться для забезпечення оптимального мікроклімату, необхідного для зберігання продуктів:

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5, \text{Вт},$$

де:

- Q1 — тепло, яке проникає через огорожувальні конструкції (стіни, стелі, підлогу, вікна тощо),
- Q2— теплонадходження, пов'язані з процесами охолодження,
- Q3 — тепло, яке надходить під час вентиляції,
- Q4— теплонадходження під час експлуатації приміщення (від устаткування, людей тощо),
- Q5 — тепло, що виділяється з продуктів під час дихання.

Теплонадходження через огорожувальні конструкції

Тепло, що потрапляє через огорожувальні конструкції, враховує передачу тепла через стіни, перегородки, стелі, дах і підлогу, а також вплив сонячної радіації:

$$Q1 = Q1t + Q1c \text{ Вт},$$

де:

- Q1t — теплонадходження через стіни, перегородки, дах, підлогу (Вт),

$$Q1t = K_d * F * (t_{зов} - t_{вн}) * 10^{-3} \text{ Вт},$$

									Лист
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Q_{1c} — теплонадходження від сонячного випромінювання (Вт).

$$Q_{1c} = K_d * F * \Delta t \text{ Вт},$$

де Δt - різниця температур сонячного випромінювання, °С.

Камера зберігання 1:

Північ:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (36 - 2) = 0,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,9 \text{ кВт}.$$

Південь:

$$Q_{1t} = 0,385 * 108 * (-22 - 2) = -0,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,9 \text{ кВт};$$

Захід, схід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 108 * (9 - 2) = 0,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,3 \text{ кВт}.$$

Підлога:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (3 - 2) = 0,03 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,03 \text{ кВт}$$

									Лист
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

Покриття

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (36 - 2) = 0,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0,253 * 108 * 15 = 0,4 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,9 + 0,4 = 1,3 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість надходження теплоти:

$$Q_1 = 0,9 - 0,9 + (0,3 * 2) + 0,03 + 1,3 = 1,93 \text{ кВт}$$

Камера заморожування та зберігання 2:

Північ, південь:

$$Q_{1t} = 0,385 * 108 * (2 - 22) = -0,083 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,083 \text{ кВт}.$$

Захід, схід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 108 * (9 - 22) = -0,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,5 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (3 + 22) = 0,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,7 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (36 - 22) = 0,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0,253 * 108 * 15 = 0,4 \text{ кВт};$$

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Q_1 = 0,4 + 0,4 = 0,8 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість :

$$Q_1 = (-0,083 * 2) - (-0,5 * 2) + 0,7 + 0,8 = 2,3 \text{ кВт}$$

Камера зберігання 3:

Північ:

$$Q_{1t} = 0,385 * 108 * (-22 - 2) = -0,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = -0,9 \text{ кВт};$$

Південь:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (2 - 2) = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 \text{ кВт}$$

Захід, схід:

$$Q_{1t} = 0,385 * 108 * (9 - 2) = 0,29 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,29 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (3 - 2) = 0,03 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,03 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1t} = 0,253 * 108 * (36 - 2) = 0,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0,253 * 108 * 15 = 0,137 \text{ кВт};$$

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = 0,9 + 0,137 = 1 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість:

$$Q_1 = -0,9 + 0,29 + 0,29 + 0,03 + 1 = 0.71 \text{ кВт}$$

Камера зберігання 4:

Південь:

$$Q_{1t} = 0.253 * 108 * (2 - 2) = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0 \text{ кВт}$$

Південь:

$$Q_{1t} = 0.253 * 108 * (36 - 2) = 0,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,9 \text{ кВт}$$

Захід, схід:

$$Q_{1t} = 0.385 * 108 * (9 - 2) = 0,29 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,29 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = 0.253 * 108 * (3 - 2) = 0.03 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,03 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1t} = 0.253 * 108 * (36 - 2) = 0.9 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0.253 * 108 * 15 = 0.137 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,9 + 0,137 = 1 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна кількість:

$$Q_1 = 0 + 0,9 + 0,29 + 0,29 + 0,03 + 1 = 0,51 \text{ кВт}$$

Експедиція та цехи обробки:

Південь, північ :

$$Q_{1t} = 0.253 * 108 * (36 - 9) = 0.73 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0.253 * 108 * 15 = 0.4 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0.73 + 0.4 = 1,1 \text{ кВт}$$

Захід, схід:

$$Q_{1t} = 0.385 * 108 * (36 - 9) = 1,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 1.1 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_{1t} = (0,47 * 108 * (36 - 9)) + (0,23 * 108 * (36 - 9)) + (0,12 * 108 * (36 - 9)) = 2,4 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_{1t} = 0.253 * 108 * (36 - 9) = 0.7 \text{ кВт};$$

$$Q_{1c} = 0.253 * 108 * 15 = 0.137 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 0,7 + 0.13 = 0.83 \text{ кВт}$$

Сумарна кількість :

$$Q_1 = 2,2 + 2,2 + 2,4 + 0,83 = 7,6 \text{ кВт}$$

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва камери	Бік огороження	K_o^d	F,	t_3 ,	$t_{вн}$,	Δt	Q_{IT} ,	Δt	Q_{IC} ,	Q_1
Камера № 1		$\frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	$м^2$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	кВт	$^{\circ}C$	кВт	кВт
	Північний	0,253	108	36	2	34	0,9	-	0	0,9
	Південний	0,385	108	-22	2	-24	-0,9	-	0	-0,9
	Західний	0,385	108	9	2	7	0,3	-	0	0,3
	Східний	0,385	108	9	2	7	0,3	-	0	0,3
	Підлога	0,253	108	3	2	1	0,03	-	0	0,03
	Покриття	0,253	108	36	2	34	1,3	15	0,4	1,7
Разом										2,33

Назва камери	Бік огороження	K_o^d	F,	t_3 ,	$t_{вн}$,	Δt	Q_{IT} ,	Δt	Q_{IC} ,	Q_1
Камера №2		$\frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	$м^2$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	кВт	$^{\circ}C$	кВт	кВт
	Північний	0,385	108	2	-22	24	-0,08	-	0	-0,08
	Південний	0,385	32,4	2	-22	24	-0,08	-	0	-0,08
	Західний	0,385	32,4	9	-22	31	-0,5	-	0	-0,5
	Східний	0,385	32,4	9	-22	31	-0,5	-	0	-0,5
	Підлога	0,253	36	3	-22	25	0,7	-	0	0,7
	Покриття	0,253	36	36	-22	58	0,4	15	0,4	0,8
Разом										0,334

Назва камери	Бік огороження	K_o^d	F,	t_3 ,	$t_{вн}$,	Δt	Q_{IT} ,	Δt	Q_{IC} ,	Q_1
Камера №3		$\frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	$м^2$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	кВт	$^{\circ}C$	кВт	кВт
	Північний	0,385	108	-22	2	-24	-0,9	0	0	-0,9
	Південний	0,253	108	2	2	0	0	0		0
	Західний	0,385	108	9	2	7	0,29	0	0	0,29
	Східний	0,385	108	9	2	7	0,29	0	0	0,29
	Підлога	0,253	108	3	2	1	0,03	0	0	0,03
	Покриття	0,253	108	36	2	34	0,9	15	1	1,9
Разом										1,61

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Лист

28

Теплонадходження при охолодженні продуктів

Розрахунок теплонадходжень при охолодженні продуктів включає визначення тепла, що надходить від продуктів та тари під час їх обробки

$$Q_2 = Q_{2П} + Q_{2Т}$$

де:

$Q_{2П}$ – надходження теплоти від продуктів при обробці, Вт;

$Q_{2Т}$ - надходження теплоти від тари, Вт.

Знаходимо надходження теплоти від продуктів:

$$Q_{2П} = M_d * (i_n - i_k) * \frac{1000}{t * 3600}, \text{ Вт}$$

де:

M_d — добове надходження продукції в камеру (т/добу),

i_n — початкова ентальпія продукту (кДж/кг),

i_k — кінцева ентальпія продукту (кДж/кг),

t — час обробки (год).

$$Q_{2Т} = M_d t * c_t * (t_n - t_k) * \frac{1000}{t * 3600}, \text{ Вт}$$

де:

$M_d t$ — добове надходження тари в камеру (т/добу),

t_n — початкова температура тари (°C),

t_k — кінцева температура тари (°C),

t — час обробки (год),

c — теплоємність тари (кДж/(кг·K))

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Розрахунок теплонадходжень під час експлуатації:

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

де q_1 - надходження тепла від освітлення, кВт; q_2 - надходження тепла від людей, кВт; q_3 - надходження тепла від роботи електродвигунів, кВт; q_4 - надходження тепла через двері, кВт.

Надходження тепла від освітлення:

$$q_1 = A * F, \text{ кВт}$$

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

F - площа камери, м^2 .

Надходження тепла від людей

$$q_2 = 350 * n, \text{ кВт}$$

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

Надходження тепла від роботи електродвигунів

$$q_3 = N_{\text{ел}}, \text{ кВт}$$

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

Надходження тепла через двері

$$q_4 = K * F, \text{ кВт}$$

де K - питомий теплонадходження від дверей, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

F - площа камери, м^2 .

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Камера №1 :

$$q1 = A * F = 7 * 108 = 0.17 \text{ кВт}$$

$$q2 = 350 * n = 350 * 10 = 3,5 \text{ кВт}$$

$$q3 = N_{\text{ел}} = 10 \text{ кВт}$$

$$q4 = K * F = 4 * 108 = 0.44 \text{ кВт}$$

Камера №2 :

$$q1 = A * F = 15 * 108 = 1,62 \text{ кВт}$$

$$q2 = 350 * n = 350 * 8 = 2,8 \text{ кВт}$$

$$q3 = N_{\text{ел}} = 10 \text{ кВт}$$

$$q4 = K * F = 4 * 108 = 0.44 \text{ кВт}$$

Камера №3 :

$$q1 = A * F = 8 * 108 = 0.18 \text{ кВт}$$

$$q2 = 350 * n = 350 * 13 = 4,5 \text{ кВт}$$

$$q3 = N_{\text{ел}} = 10 \text{ кВт}$$

$$q4 = K * F = 6 * 108 = 0.56 \text{ кВт}$$

Камера №4 :

$$q1 = A * F = 7 * 108 = 0.17 \text{ кВт}$$

$$q2 = 350 * n = 350 * 12 = 42 \text{ кВт}$$

$$q3 = N_{\text{ел}} = 10 \text{ кВт}$$

$$q4 = K * F = 4 * 108 = 0.44 \text{ кВт}$$

Експедиція:

$$q1 = A * F = 20 * 108 = 2,16 \text{ кВт}$$

$$q2 = 350 * n = 350 * 15 = 5,25 \text{ кВт}$$

$$q3 = N_{\text{ел}} = 10 \text{ кВт}$$

$$q4 = K * F = 3 * 108 = 0.34 \text{ кВт}$$

									Лист
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Виробничі приміщення:

$$q_1 = A * F = 7 * 108 = 0.17 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 350 * n = 350 * 21 = 1.75 \text{ кВт}$$

$$q_3 = N_{\text{ел}} = 10 \text{ кВт}$$

$$q_4 = K * F = 4 * 108 = 0.44 \text{ кВт}$$

Номер приміщення	F _д	A	q ₁	n	q ₂	N _{ел}	q ₃	K	q ₄	Q ₄
	м2	Вт/м ²	кВт	чол	Вт	кВт	кВт	Вт/м ²	кВт	кВт
№1	108	7	0,17	10	1,75	10	10	4	0,44	12,36
№2	108	15	1,62	8	1,4	10	10	3,6	0,44	13,46
№3	108	8	0,18	13	1,05	10	10	5	0,56	11,79
№4	108	7	0,17	12	2,8	10	10	6,5	0,44	13,41
№5	108	52	2,16	15	2,8	10	10	6,5	0,34	15,3
№6	108	7	0,17	21	2,8	10	10	6,5	0,44	13,41

Приміщення	t _{кам}	Q ₁ ,	Q ₂ ,	Q ₄ ,	Q,
	°C	кВт	кВт	кВт	кВт
№1	2	2,33	1,82	12,36	16,51
№2	-22	0,334	8,5	13,46	22,294
№3	2	1,61	1,92	11,79	15,32
№4	2	3,68	12,1	13,41	29,19
№5	9	6,76		15,3	22,06
№6	9	6,76		13,41	20,17

										Лист
										34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ					

6. Навантаження на компресори

Навантаження на компресор $Q_{км}$ складається із усіх теплонадходжень.

Вплив на роботу компресора від теплонадходження тепла через огорожуючі конструкції:

$$Q_{1км} = 0.9 * Q_1;$$

Вплив на роботу компресора від термічної обробки продуктів :

$$Q_{2км} = Q_2 ;$$

Вплив на роботу компресора від експлуатаційного надходження тепла:

$$Q_{4км} = 0,75 * Q_4;$$

Навантаження на компресор, при $t_0 = -10$ °C (камери 1, 3, 4 ; $t_k = 2$ °C)

$$Q_{5км} = 0.9 * \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0.75 * \sum Q_4 = 0.9 * (2,33 + 1,61 + 3,68) + (1,82 + 1,92 + 12,1) + 0.75 * (12,36 + 11,79 + 13,41) = 50,8 \text{ кВт}$$

Необхідна холодопродуктивність:

$$Q_0 = \frac{k * \sum Q_{5км}}{b} = \frac{1,12 * 50,8}{0,9} = 63,2 \text{ кВт}$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах холодильного обладнання (приймаю 1,12);

$\sum Q_{км}$ – сумарне навантаження на компресори;

b - коефіцієнт робочого часу х. у. (0.9).

Навантаження на компресор, при $t_0 = -31$ °C (камера 2 $t_k = -22$ °C)

$$Q_{5км} = 0.9 * \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0.75 * \sum Q_4 = 0.9 * 2,33 + 0,34 + 0.75 * 13,46 = 12,5 \text{ кВт}$$

Необхідна холодопродуктивність:

									Лист
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{5\text{км}}}{b} = \frac{1.12 \cdot 12,5}{0.9} = 15,5 \text{ кВт}$$

Навантаження на компресор при $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ (експедиція $t_k = 9 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$Q_{5\text{км}} = 0.9 \cdot \sum Q_1 + \sum Q_2 + 0.75 \cdot \sum Q_4 = 0.9 \cdot (6,76 + 6,76) + 0.75 \cdot (15,3 + 13,41) = 33 \text{ кВт}$$

Необхідна холодопродуктивність:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{5\text{км}}}{b} = \frac{1.12 \cdot 33}{0.9} = 41 \text{ кВт}$$

7. Вибір системи охолодження та холодильної установки

При проектуванні холодильної системи для рибопереробного заводу в м. Білгород-Дністровський, що має потужність 3600 тонн готової продукції на добу, було прийнято рішення використовувати фреонову систему на R-507. Цей вибір базується на ретельному аналізі технічних, економічних, екологічних, експлуатаційних та безпекових характеристик систем холодопостачання. У порівнянні з альтернативними варіантами — аміаковими та пропановими системами — фреонова система показала значно кращі показники для даного об'єкта.

R-507 — це суміш гідрофторвуглеців (HFC), яка не схильна до розшарування, має стабільні теплофізичні властивості та підходить для широкого діапазону температур. Цей холодоагент добре зарекомендував себе в системах заморожування та охолодження продуктів харчування, зокрема морепродуктів.

									Лист
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

Фреон R-507 забезпечує високу холодопродуктивність при відносно низьких енергетичних затратах. Завдяки оптимальному співвідношенню тисків на стороні конденсації та випаровування, система на цьому холодоагенті є більш енергоефективною, ніж пропанова або аміакова при порівнянних умовах експлуатації. Фреон R-507 сумісний з великою кількістю компресорів, теплообмінників та арматури, які виготовляються за сучасними стандартами. Це спрощує вибір та монтаж обладнання, а також забезпечує зручність у подальшій експлуатації.

R-507 забезпечує ефективне охолодження як у режимах низькотемпературного заморожування (до -40°C), так і в середньотемпературних режимах зберігання охолодженої продукції ($0\dots-5^{\circ}\text{C}$). Це особливо важливо для рибопереробного заводу, де необхідно зберігати як заморожену рибу, так і охолоджену.

Аміак (NH_3) є токсичним і вибухонебезпечним холодоагентом. Його використання вимагає додаткових заходів безпеки, таких як герметизація приміщень, встановлення датчиків витоків та аварійних систем вентиляції. У разі аварії навіть невеликий витік аміаку може спричинити серйозну небезпеку для працівників та продукції. На відміну від аміаку, R-507 є нетоксичним і не становить загрози для персоналу або продукції в разі витоку. Аміакові системи потребують регулярного технічного обслуговування кваліфікованим персоналом через корозійну дію аміаку на мідь та її сплави. Крім того, ремонтні роботи можуть бути ускладнені через високий тиск і токсичність. Натомість системи на R-507 не вимагають такого рівня складності при обслуговуванні та мають більший термін служби без необхідності капітального ремонту.

Хоча аміак дешевший за R-507, витрати на монтаж, обслуговування та заходи безпеки значно збільшують загальні капітальні вкладення. У випадку фреонової системи витрати на встановлення нижчі, що робить її більш економічно доцільною для підприємств середнього масштабу. Пропан (R-290) є горючим і потребує дуже суворих заходів безпеки. Будь-який витік пропану в замкнутому просторі може створити вибухонебезпечну суміш.

									Лист
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

У випадку рибопереробного заводу з великим обсягом продукції ризику використання пропану значно перевищують його переваги. R-507, на відміну від пропану, є негорючим, що знижує рівень небезпеки до мінімуму. Пропанові системи вимагають спеціального обладнання, яке відповідає вибухозахищеним стандартам. Це підвищує вартість обладнання та ускладнює монтаж системи.

Характеристика	Аміак (R-717)	R-507	Пропан (R-290)
Температура кипіння (°C)	-33	-47	-42
Температура конденсації (°C)	46	46	46
Тиск конденсації (бар)	12,5	14,2	13,7
Тиск (бар)	1,5 (-30 °C), 4 (-6 °C), 5 (1 °C)	1,8 (-30 °C), 5 (-6 °C), 6 (1 °C)	1,4 (-30 °C), 4 (-6 °C), 5 (1 °C)
Перегрів (°C)	5	5	5
Переохолодження (°C)	5	5	5
Холодопродуктивність (кВт/м³)	Висока	Середня	Середня
Енергоефективність (COP)	5,5	4,9	5,2
Токсичність	Висока	Відсутня	Відсутня
Вибухонебезпечність	Помірна	Немає	Висока
Сумісність з обладнанням	Обмежена через корозію	Сумісний із сучасним обладнанням	Потребує вибухозахищеного обладнання
Складність обслуговування	Висока	Низька	Помірна
Екологічний вплив (ODP/GWP)	ODP = 0, GWP = 0	ODP = 0, GWP = 3985	ODP = 0, GWP = 3
Вартість холодоагенту	Низька	Висока	Низька
Вартість встановлення системи	Висока (складність обслуговування)	Середня	Висока (через вибухозахищені заходи)
Надійність	Висока	Висока	Середня

8. Розрахунок режиму, побудова циклу та визначення параметрів ХУ.

Підбір компресорів

Підбір компресорів

Потрібно визначити необхідні параметри: температуру кипіння t_0 , температуру конденсації t_k , температуру всмоктування $t_{вс}$ та температуру переохолодженням $t_{перех.$

Як правило, температура кипіння на 5-8 К нижче, ніж в камерах з безпосереднім охолодженням

									Лист
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

$$t_0 = t_{к.1,3,4} - 10 = 2 - 8 = -6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_0 = t_{к2} - 12 = -22 - 8 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_0 = t_{експ} - 8 = 9 - 8 = 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура і тиск конденсації залежать від температури вологого термометра.
Для м. Білгород-Дністровський в літку становить $t = 36^\circ\text{C}$.

Температура конденсації :

$$t_k = t_{пов.} + (10 \div 12) = 36 + 10 = 46 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура переохолодження:

$$t_{пер} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура всмоктування парів у на 10-20 К вище температури кипіння.

$$t_{вс.1,3} = t_{0\ 1,3,4} + 12 = -6 + 12 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$$

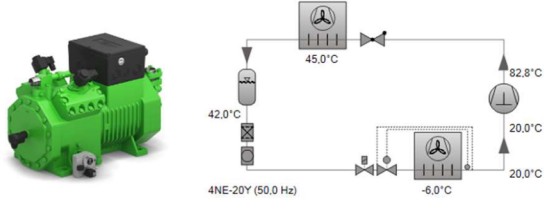
$$t_{вс.2} = t_0\ 2 + 14 = -30 + 15 = -15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{вс.експ} = t_{експ} + 12 = 1 + 12 = 13 \text{ }^\circ\text{C}$$

Розрахунок системи охолодження для камер 1,3,4

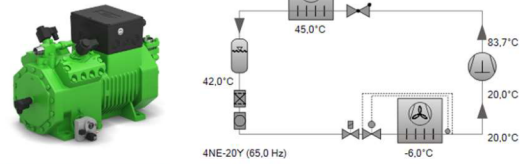
Компресори і компресорні станції підібрані за допомогою програмного забезпечення Bitzer Software. Для кожного компресору і станції проведено два розрахунки – з використанням частотного перетворювача і без його використання. Розрахунки зведено у додатках. Результати розрахунків зведено до таблиці:

Компресор	Приміщення	Холодопродуктивність без частотного перетворювача	Холодопродуктивність з частотним перетворювачем	Кількість
4NE-20Y-40P	Камери № 1, 3, 4	36,2 kW	46,9	2



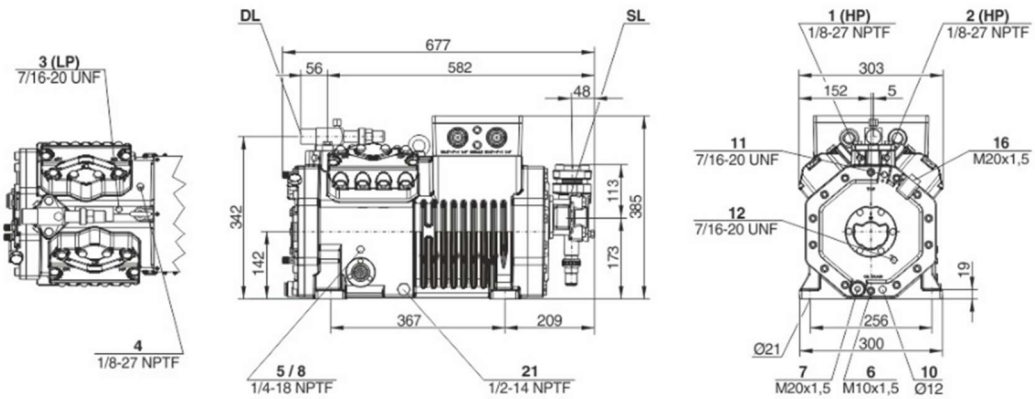
← Previous Next →

Compressor 4NE-20Y-40P	
Compressor frequency	50,0 Hz
Cooling capacity	36,2 kW
Cooling capacity *	34,7 kW
Evaporator capacity	36,2 kW
Power input	13,11 kW
Current (400V)	22,8 A
Condenser capacity	49,3 kW
COP/EER	2,76
COP/EER *	2,65
Mass flow	1088 kg/h
min. cooling capacity	17,12 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	48,3 kW (67 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	82,8 °C



← Previous Next →

Compressor 4NE-20Y-40P	
Compressor frequency	65,0 Hz
Cooling capacity	46,9 kW
Cooling capacity *	44,9 kW
Evaporator capacity	46,9 kW
Power input	17,40 kW
Current (400V)	28,5 A
Condenser capacity	64,3 kW
COP/EER	2,70
COP/EER *	2,58
Mass flow	1410 kg/h
min. cooling capacity	17,12 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	48,3 kW (67 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	83,7 °C



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

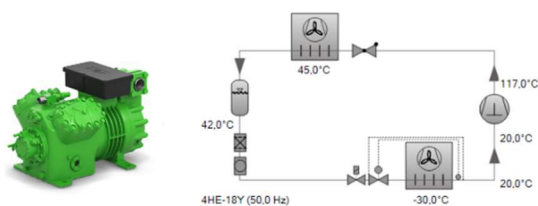
00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Лист

40

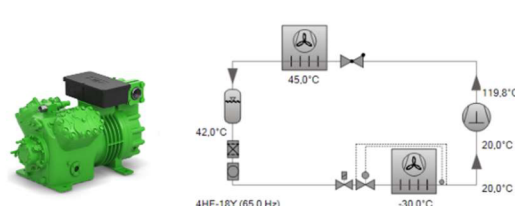
Розрахунок системи охолодження для камери 2

Компресор	Приміщення	Холодопродуктивність без частотного перетворювача	Холодопродуктивність з частотним перетворювачем	Кількість
4NES-14Y-40P	Камера № 2	16,71 kW	21,3	1



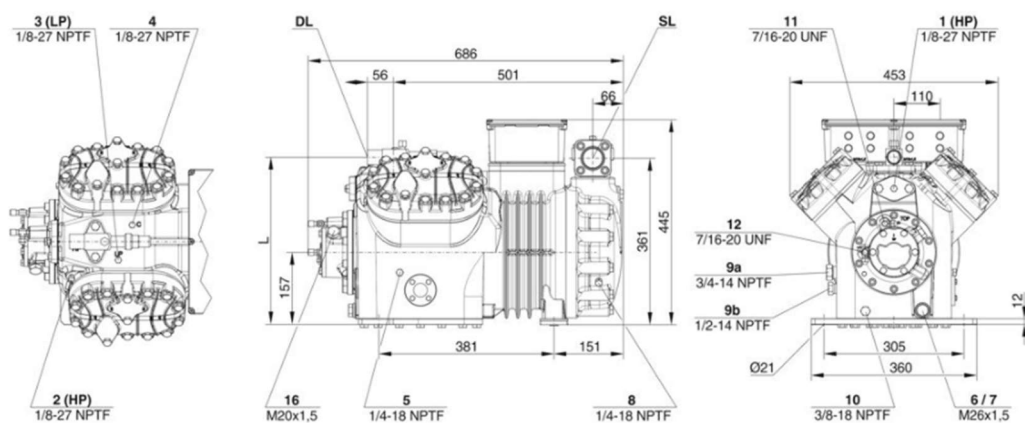
← Previous Next →

Compressor	4HE-18Y-40P
Compressor frequency	50.0 Hz
Cooling capacity	16,71 kW
Cooling capacity *	16,02 kW
Evaporator capacity	16,71 kW
Power input	10,39 kW
Current (400V)	19,15 A
Condenser capacity	27,1 kW
COP/EER	1,61
COP/EER *	1,54
Mass flow	482 kg/h
min. cooling capacity	8,19 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	22,5 kW (70 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	117,0 °C



← Previous Next →

Compressor	4HE-18Y-40P
Compressor frequency	65,0 Hz
Cooling capacity	21,3 kW
Cooling capacity *	20,4 kW
Evaporator capacity	21,3 kW
Power input	13,75 kW
Current (400V)	22,9 A
Condenser capacity	35,0 kW
COP/EER	1,55
COP/EER *	1,48
Mass flow	613 kg/h
min. cooling capacity	8,19 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	22,5 kW (70 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	119,8 °C



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

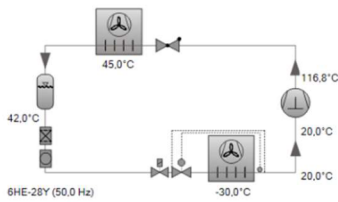
00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Лист

41

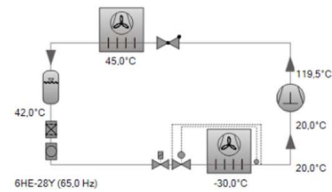
Розрахунок системи охолодження для експедиції та виробничих приміщень

Компресор	Приміщення	Холодопродуктивність без частотного перетворювача	Холодопродуктивність з частотним перетворювачем	Кількість
6HE-28Y-40P	Експедиція та виробничі приміщення	24,6 kW	31,3	2



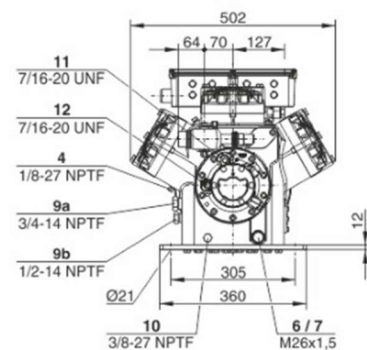
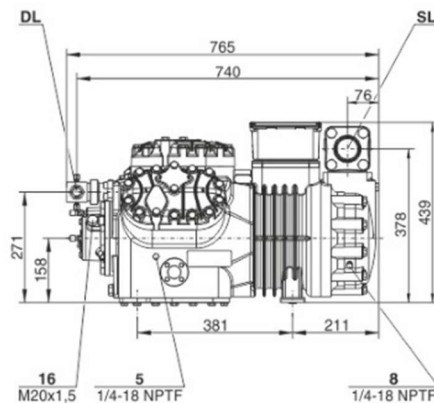
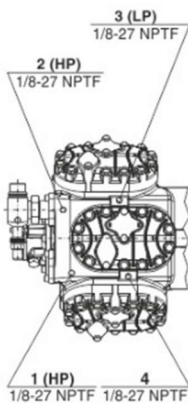
← Previous Next →

Compressor	6HE-28Y-40P
Compressor frequency	50,0 Hz
Cooling capacity	24,6 kW
Cooling capacity *	23,6 kW
Evaporator capacity	24,6 kW
Power input	15,25 kW
Current (400V)	28,9 A
Condenser capacity	39,9 kW
COP/EER	1,61
COP/EER *	1,55
Mass flow	710 kg/h
min. cooling capacity	12,06 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	33,2 kW (70 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	116,8 °C



← Previous Next →

Compressor	6HE-28Y-40P
Compressor frequency	65,0 Hz
Cooling capacity	31,3 kW
Cooling capacity *	30,0 kW
Evaporator capacity	31,3 kW
Power input	20,2 kW
Current (400V)	34,1 A
Condenser capacity	51,5 kW
COP/EER	1,55
COP/EER *	1,49
Mass flow	903 kg/h
min. cooling capacity	12,06 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	33,2 kW (70 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	119,5 °C



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Лист

42

9. Теплообмінне обладнання

Розрахунок конденсаторів

Конденсатор для камер зберігання 1, 3, 4

Конденсатор	Приміщення	Продуктивність	Тиск конденсації	Кількість
GBK-633-8KE-NX28	Камери 1, 3, 4	50,69 kW	21,5 бар	1

Конденсатор для камер зберігання 2

Конденсатор	Приміщення	Продуктивність	Тиск конденсації	Кількість
RF-SA101L2H-063U090	Експедиція та виробничі приміщення	28,65 kW	21,5 бар	1

Конденсатор експедиції та виробничих приміщень

Конденсатор	Приміщення	Продуктивність	Тиск конденсації	Кількість
RF-SA101L4H-063U102	Експедиція та виробничі приміщення	41,05 kW	21,5 бар	1

									Лист
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Підбір випарників

Для камер 1, 3, 4

Випарник	Приміщення	Холодопродуктивність	Температура кипіння, °C	Кількість
DVR-I 632-6RE HX28	Камери № 1, 3, 4	38,18 kW	-6	1

Для камери 2

Випарник	Приміщення	Холодопродуктивність	Температура кипіння, °C	Кількість
SGLE 30-F35 HX32	Камера № 2	20,06 kW	-30	1

Для експедиції та виробничих приміщень

Випарник	Приміщення	Холодопродуктивність	Температура кипіння, °C	Кількість
GBK-633-8KE- HX28	Експедиція та виробничі приміщення	25,13 kW	0	1

									Лист
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

10. Допоміжного обладнання

Лінійний ресивер

Лінійний ресивер для камери 1

Ємність лінійного ресивера :

$$V_{лр} = 0,65 * V_{по}$$

Де $V_{по}$ - внутрішній об'єм труб повітроохолодників, м³.

$$V_{лр} = 0,65 * 52 = 35,1 \text{ дм}^3$$

Обираю вертикальний лінійний ресивер Bitzer FS402 з об'ємом 39 дм³

Лінійний ресивер для камери 2

$$V_{лр} = 0,65 * 12,6 = 8,2 \text{ дм}^3$$

Обираю горизонтальний лінійний ресивер Bitzer FS102 з об'ємом

10 дм³

Лінійний ресивер для камери 3

$$V_{лр} = 0,65 * 52 = 35,1 \text{ дм}^3$$

Обираю вертикальний лінійний ресивер Bitzer FS402 з об'ємом 39 дм³

Лінійний ресивер для камери 4

$$V_{лр} = 0,65 * 52 = 35,1 \text{ дм}^3$$

Обираю вертикальний лінійний ресивер Bitzer FS402 з об'ємом 39 дм³

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Лінійний ресивер для експедиції

$$V_{лр} = 0,65 * 113 = 73 \text{ дм}^3$$

Обираю вертикальний лінійний ресивер Bitzer FS732 з об'ємом 73 дм³

Мастиловіддільники

Мастиловіддільники для камери 1, 3, 4

Вибір мастиловіддільників здійснюється залежно від діаметра нагнітального трубопроводу, що з'єднує компресор і конденсатор. Діаметр нагнітальної магістралі:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v * 2p}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 2 * 0,157 * 0,014}{3,14 * 20}} = 0,017 \text{ м}$$

Обираю один мастиловіддільник для кожної камери Нреок РКW-55889 з діаметрам патрубків 22*1 мм.

Мастиловіддільники для камери 2

Діаметр нагнітальної магістралі:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v * 2p}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 2 * 0,087 * 0,014}{3,14 * 20}} = 0,012 \text{ м}$$

Обираю мастиловіддільник Нреок РКW-55889 з діаметрам патрубків 16*2 мм.

Мастиловіддільники для експедиції

Діаметр нагнітальної магістралі:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v * 2p}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 2 * 0,116 * 0,014}{3,14 * 20}} = 0,014 \text{ м}$$

									Лист
									46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Обираю мастиловіддільник Нреок РКW-569213 з діаметрами патрубків 16*1 мм.

Фреонові магістралі Внутрішній діаметр труби:

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}}$$

Магістральні трубопроводи для камер 1, 3, 4

Всмоктування:

$$M = 2 * 0,157 = 0,314 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \omega = 10 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0,314 * 0,04}{3,14 * 10}} = 0,04 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 42*1 мм.

Нагнітання:

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22*1 мм.

Рідинна магістраль:

$$\omega = 1 \text{ м/с}; \rho = 1025 \text{ кг/м}^3 \text{ густина рідкого R507.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M}{\pi * \omega * \rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0,314}{3,14 * 1 * 1025}} = 0,02 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22*1 мм.

									Лист
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Магістральні трубопроводи для камери 2

Всмоктування:

$$M = 2 * 0,087 = 0,174 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \omega = 10 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0,174 * 0,053}{3,14 * 10}} = 0,035 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 42* 2,5 мм.

Нагнітання:

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 16*2 мм.

Рідинна магістраль:

$$\omega = 1 \text{ м/с}; \rho = 1025 \text{ кг/м}^3 \text{ густина рідкого R507.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M}{\pi * \omega * \rho}} = \sqrt{\frac{4 * 0,174}{3,14 * 1 * 1025}} = 0,015 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22* 1,5 мм.

Магістральні трубопроводи для експедиції

Всмоктування:

$$M = 2 * 0,035 = 0,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \omega = 10 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \sum M * v}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0,07 * 0,035}{3,14 * 10}} = 0,017 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 22* 1,5 мм.

Нагнітання:

									Лист
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 16*1 мм.

Рідинна магістраль:

$$\omega = 1\text{ м/с} ; \rho = 1025\text{ кг/м}^3 \text{ густина рідкого R507.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \Sigma M}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,07}{3,14 \cdot 1 \cdot 1025}} = 0,01 \text{ м}$$

Підбираю мідний трубопровід з відповідним діаметром 12* 1 мм.

Гідравлічні втрати у трубопроводах

Загальний гідравлічний опір у трубах та обладнанні складається з втрат на тертя, місцевих опорів та прискорення потоку.

Він складається з втрат на тертя, місцевих опорів, прискорення потоку, втрат або підвищення тиску внаслідок дії гідростатичного напору і складається з втрат або підвищення тиску внаслідок дії гідростатичного напору стовпа рідини.

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

При проведенні розрахунків гідравлічного опору необхідно враховувати режим руху рідини в трубопроводах. Ми розраховуємо втрати тиску в трубопроводі подачі води від насосу до споживачів. Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

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

Місцеві втрати становлять

$$\Delta P_{\text{м.с}} = \Sigma \xi_{\text{м}} * \frac{\rho \omega^2}{2};$$

Де $\frac{\rho \omega^2}{2}$ - динамічний тиск потоку;

									Лист
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\sum \xi_M = \xi_{\text{зв. кл}} + \xi_{90^\circ} + \xi_{\text{кол}} + \xi_{90^\circ} = 5 + 3 + 1 + 3 = 12$$

Де $\xi_{\text{зв. кл}}$, ξ_{90° , $\xi_{\text{кол}}$ - місцеві втрати від зворотнього клапана, коліна і відводу 90° .

Швидкість руху води : $\omega = 2 \text{ м/с}$

$$\Delta P_{\text{м.с}} = 12 * \frac{998 * 2^2}{2} = 23952 \text{ Па}$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega * d * \rho}{\mu} = \frac{2 * 0.128 * 998}{1.792 * 10^{-3}} = 142571$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 * \left(\frac{k}{d} + \frac{64}{Re^{0.25} \frac{0.06}{0.128} \frac{64}{142571}^{0.25}} \right)$$

Втрати тиску від тертя по довжині трубопроводу в $L=65 \text{ м}$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{\lambda_{\text{тр}}}{d} * \frac{\rho \omega^2}{2} * L = \frac{0.091}{0.128} * \frac{998 * 2^2}{2} * 65 = 92237 \text{ Па}$$

Загальна втрату тиску:

$$\Delta P_i = 92237 + 23952 = 116189 \text{ Па}$$

									Лист
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

Напір насосу:

$$H = h_n - h_{вс} + \frac{\Delta P_i}{\rho \cdot g} = 6 - 3 + \frac{116189}{998 \cdot 9,81} = 26,7 \text{ м}$$

Підбір насосу

Напір насоса $H=26,7$ м.

$$\text{Подача насоса } V = 21,12 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,0064 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Вирішую встановити 2 насоси КМ 65-50-160: 1 робочий та 1 резервний (номінальна подача – 25 м³/год; напір – 32 м; номінальна потужність двигуна – 5,5 кВт; швидкість обертання - 3000 об/хв).

12. Рекуперація

У моєму дипломному проекті теплова енергія, що відводиться від холодильного агенту, використовується для підігріву води, призначеної для забезпечення потреб персоналу. Система рекуперації тепла включає пластинчастий теплообмінник, гідромодуль, два теплоакumuлюючі баки, а також насосну станцію для споживачів.

Пластинчастий теплообмінник виконує функцію передачі теплової енергії від холодильного агенту до проміжного теплоносія — дистильованої води. Використання дистильованої води як проміжного середовища є необхідним для забезпечення ефективного і безпечного теплообміну між холодоагентом і кінцевим споживачем.

Гідромодуль є насосною установкою, яка забезпечує циркуляцію дистильованої води в контурі між теплообмінником і теплоакumuлюючими баками. У цих баках відбувається накопичення тепла та передача його кінцевим споживачам, зокрема для нагріву води та рідин на основі пропіленгліколю.

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Температура гарячої води, що використовується для потреб персоналу, прийнята на рівні 40°C, оскільки це максимально досяжний показник для даної системи в зимовий період. Така температура забезпечує необхідний комфорт для побутового використання та є оптимальною з точки зору енергоефективності.

Система рекуперації тепла спроектована таким чином, щоб забезпечити надійний процес передачі енергії, ефективно її накопичення в баках та стабільну подачу теплоносія до кінцевих точок споживання

$$q = (h_2 - h_{2s}) * 2 * 0.000278, \text{кВт}$$

Де m – масовий розхід компресорів, кг/год; h_2 і h_{2s} – ентальпія у відповідних точках, кДж/кг; 0,000278 – коефіцієнт переведення Дж у Вт.

$$q = (402,8 - 371,3) * (1104 + 1963 + 7057 + 7057) * 0,000278 = 150,45 \text{ кВт}$$

Теплообмінник

Для вибору теплообмінника для системи рекуперації було визначено, що температура дистильованої води на виході з теплообмінника, яка подається на потреби підприємства, становитиме 30°C. У випадку зниження теплового навантаження на підігрів, температура води в системі може поступово збільшуватися, досягнувши максимуму в 40°C. З огляду на ці параметри, для забезпечення ефективного теплообміну обрано пластинчастий теплообмінник моделі SWEP - B85Hx200/1P, характеристики якого зазначено в додатку до дипломної роботи.

Гідромодуль

Гідромодуль системи включає два паралельних насоси, один з яких призначений для резервування, а також запірну арматуру. Для цієї системи обрано насос з необхідним напором 20 м та подачею 13 м³/год, розраховану на основі характеристик теплообмінника.

									Лист
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

З урахуванням цих вимог вибрано насос Wilo - Stratos GIGA2.0-I 40/1-23/1,5, характеристики якого наведено в додатку.

Щодо теплоакumuлюючих баків, для системи гарячого водопостачання обрано бак ТАЕ-1000 з об'ємом 1 м³, а для системи підігріву підлоги — бак ТАЕ-3000 з об'ємом 3 м³.

Для насосів споживачів, які будуть подавати теплоносії до споживачів, задано напір насосу 30 м та подачу 3 м³/год. На основі цих параметрів підібрано насос фірми Wilo, характеристики якого також зазначені в додатку до проекту.

13. Аналіз енергозберігаючих заходів

У дипломній роботі застосовано ряд енергозберігаючих заходів, що сприяють підвищенню ефективності роботи холодильного обладнання та зменшенню споживання енергії. До таких заходів відносяться:

I. Частотні перетворювачі компресорів.

II. Відтаювання гарячими парами.

III. Повітряний рукав випарника.

IV. Використання теплоти гарячого холодильного агенту для підігріву гарячої води для потреб персоналу.

Детальніше про перший захід:

Першим енергозберігаючим заходом, реалізованим у проекті, є **використання частотних перетворювачів на компресорах**. Частотні перетворювачі дозволяють регулювати швидкість обертання компресорів, що забезпечує більш точне налаштування потужності та знижує енергоспоживання при часткових навантаженнях. Це дозволяє значно зменшити витрати електроенергії в порівнянні з традиційними компресорними станціями, де потужність компресорів не регулюється. Для зручності оцінки ефективності цього заходу, ми провели порівняння між компресорними станціями з частотними перетворювачами та без них.

									Лист
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Результати порівняння зведено до таблиці, що показує зниження споживання електроенергії та підвищення економічної ефективності у разі використання частотних перетворювачів.

Компресор	Приміщення	Холодопродуктивність без частотного перетворювача	Холодопродуктивність з частотним перетворювачем	Кількість
4NE-20Y-40P	1	36,2	46,9	1
4NE-20Y-40P	1	36,2	46,9	1
4NE-20Y-40P	3	36,2	46,9	1
4NE-20Y-40P	3	36,2	46,9	1
4NE-20Y-40P	4	36,2	46,9	1
4NE-20Y-40P	4	36,2	46,9	1
4NES-14Y-40P	2	16,71	21,3	1
6HE-28Y-40P	5	24,6	31,3	1
6HE-28Y-40P	6	24,6	31,3	1
		283,11	365,3	

Енергозбереження системи.

$$\Delta W = 365,3 - 283,11 = 82 \text{ кВт}$$

Сумарна спожита електроенергія за рік без частотних перетворювачів, кВт	2 480 043,6
Сумарна спожита електроенергія за рік з частотними перетворювачами, кВт	3 200 028,0
Сумарна економія електроенергії за рік, кВт	719 984,4
Відсоток зменшення електроспоживання, кВт	29,03%
Вартість електроенергії, грн/кВт з ПДВ	6
Економія фінансів, грн/рік	4 319 906,4

Відтаювання гарячими парами

Відтаювання гарячими парами дозволяє значно зменшити витрати електроенергії, оскільки цей метод використовує теплоту, що генерується в холодильному контурі, замість того, щоб витратити електричну енергію на відтаювання за допомогою електричних резисторів.

									Лист
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

Сумарна спожита електроенергія за рік, кВт	18 329,1
Сумарна економія електроенергії за рік, кВт	9 164,55
Вартість електроенергії, грн/кВт з ПДВ	6
Економія фінансів, грн/рік	54 987,3

Третій спосіб енергозбереження полягає в використанні рекуперативного теплообмінника для заміни частини підігріву води, що раніше здійснювався за допомогою електричних ТЕНів. Витрата води в піковий момент становить 2000 літрів на годину. Для оцінки ефекту енергозбереження від використання рекуперації тепла, необхідно визначити потужність ТЕНу, яку може замінити рекуперація. Це розраховується за такою формулою:

$$W_{\text{ТЕН}} = 0,00117 * V * (t_k - t_n) / T, \text{ кВт}$$

Де, V – витрата води, л/год;

t_n і t_k – початкова і кінцева температура води відповідно, °С;

T – час нагрівання води, год.

$$W_{\text{ТЕН}} = 0,00117 * 2000 * (40 - 20) / 1 = 46,8, \text{ кВт}$$

Сумарна спожита електроенергія за рік, кВт	312 640,55
Сумарна економія електроенергії за рік, кВт	116 814,6
Вартість електроенергії, грн/кВт з ПДВ	6
Економія фінансів, грн/рік	702 887,6

Висновок

Впровадження всіх трьох енергозберігаючих заходів дозволяє зекономити 336 934,5 кВт·год електроенергії за рік, що призводить до загальної економії 2 023 607 грн на рік. Це свідчить про високу ефективність запропонованих рішень для значного зменшення витрат на електроенергію та поліпшення енергетичної ефективності виробничих процесів на підприємстві.

						00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
							56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 2 Розрахунок показників ефективності в техніко-економічному аспекті.

14. Економічний розрахунок.

Для визначення вартості будівництва холодильного комплексу необхідно здійснити комплексний розрахунок, який охоплює кілька ключових аспектів.

Першим етапом є оцінка витрат на закупівлю обладнання, що включає проведення аналізу ринку для вибору оптимального постачальника, який пропонує найвигіднішу ціну. Далі необхідно розрахувати витрати на енергоспоживання, що вимагає визначення потужності холодильного обладнання, складання графіку його роботи та підрахунку енергоспоживання на основі цього графіку.

Крім того, важливим етапом є оцінка витрат на оплату праці працівників, що передбачає складання штатного розпису та визначення рівня заробітної плати для кожного працівника залежно від їхніх функцій та кваліфікації. Для правильного планування витрат також необхідно розрахувати амортизаційні відрахування, які враховують термін експлуатації обладнання та його вартість.

Окремо слід провести оцінку ефективності проекту, що включає аналіз ринку та конкурентів, а також прогнозування рентабельності проекту і визначення можливих ризиків. Всі ці етапи дозволяють отримати повну картину витрат і доходів, що є необхідною умовою для успішної реалізації проекту.

Що стосується холодильного обладнання, для точного визначення його холодопродуктивності потрібно враховувати кількість виробленого холоду при заданих температурних умовах. Це дозволяє оцінити ефективність роботи обладнання та його здатність задовольняти вимоги до продуктивності при визначених технічних характеристиках.

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація	Лім.	Лист.	Листів
Розроб.		Вихрищук П. О.					57	
Перевір.		Рябчук О. М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.				ХМ-2-9М		

Специфікація на обладнання:

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн.	Кількість, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресор 4NE-20Y-40P	Bitzer	161	5	6	191
2	Компресор 4NES-14Y-40P	Bitzer	151	3	1	154
3	Компресор 6HE-28Y-40P	Bitzer	250	1,2	2	252,4
4	Конденсатор GBK-633-8KE-HX28	Kelvion	43,11	0,9	1	44,01
5	Конденсатор RF-SA101L2H-063U090	Kelvion	33,4	3	1	36,4
6	Конденсатор RF-SA101L4H-063U102	Kelvion	35,4	3,4	1	38,8
7	Повітроохолодник DVR-I 632-6RE HX28	Kelvion	257,4	2,5	1	259,9
8	Повітроохолодник SGLE 30-F35 HX32	Kelvion	103,5	1,5	1	105
9	Повітроохолодник GBK-633-8KE-HX28	Kelvion	195,5	2	1	197,5
10	Ресивер FS402	Bitzer	20	0,5	3	21,5
11	Ресивера FS102	Bitzer	23,5	1,6	1	25,1
12	Ресивер FS732	Bitzer	24	1,7	1	25,7
13	Мастиловіддільник Нреок PKW-55889	CASTEL	2,3	0,5	3	3,8
14	Мастиловіддільник Нреок PKW-569213	CASTEL	3,5	0,5	1	4
15	Водяний насос KM 65-50-160	СЛЕМЗ	4,3	0,5	2	5,3
16	Система трубопроводів, арматури та автоматизації		340,5	-	-	340,4
Разом						1704,81

Вартість всього обладнання буде складати 1704,81 тис. грн.

Статті витрат

Витрати на оплату електроенергії

Розраховую річне споживання електроенергії:

$$W = \sum Ne * Ke * n \text{ кВт} * \text{год}$$

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де N_e - номінальна потужність двигуна, кВт;

K_c - коефіцієнт використання;

n – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Час роботи, год.	Кількість, шт	Спожита електроенергія, кВт·год
1.	Компресори 4NE-20Y-40P	14	6500	6	546000.0
2.	Компресори 4NES-14Y-40P	7,6	6500	1	49400.0
3.	Компресори 6NE-28Y-40P	5,8	6500	2	75400.0
4.	Повітроохолодник DVR-I 632-6RE HX28	0,54	3500	1	1890.0
5.	Повітроохолодник SGLE 30-F35 HX32	0,64	3500	1	2240.0
6.	Повітроохолодник GBK-633-8KE-HX28	0,47	3500	1	1645.0
7.	Водяний насос KM 65-50-160	5,5	6500	2	71500.0
					746075

Тариф оплати за електроенергію складає 6 грн. за кВт·год.

Тоді витрати на оплату електроенергії складатиме

$$746075 \cdot 6 = 4\,476\,450 \text{ грн.}$$

Витрати на дозаправку системи холодоагентом

Згідно з рекомендаціями, розрахункова норма витрат фреону для заправки системи протягом року для компресорів, які працюють на пряме охолодження, становить 3 кілограми на кожен стандартний кіловат електричної потужності.

Розрахунок витрат на дозаправку системи здійснюється з урахуванням вартості холодоагенту R507, яка становить 353 гривні за кілограм: Витрати на холодоагент:

$$B_{507} = (17,2 \cdot 2 + 12 + 8,4) \cdot 3 \cdot 353 = 58,033 \text{ тис. грн.}$$

									Лист
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.003.686.2024 ПЗ				

Витрати на поповнення системи мастилом

Незважаючи на наявність мастиловіддільників після компресорів, частина мастила потрапляє в систему. Згодом частина мастила повертається в компресор, але деяка кількість залишається в трубопроводі. Обсяг мастила, який потрібно додавати в систему, залежить від її об'єму.

Щорічно планується заміна мастила в компресорах. Перша дозаправка буде проводитися на обсяг мастила, що знаходиться в компресорах. Загальні витрати на мастило для поршневих компресорів, за умови ціни 400 грн за літр, становитимуть:

$$V_{\text{гв.мас}} = (16+6+9) \cdot 400 = 12,4 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на заробітну плату

При автоматизації фреонових холодильної установки, приймається 5 машиністів.

Фонд додаткової заробітної плати: $\text{ФДЗП} = \text{ФОЗП} \cdot 0,08$

$$\text{ФДЗП} = 850 \cdot 0,08 = 68 \text{ тис. грн.}$$

Повний фонд заробітної плати: $\text{ФЗП} = \text{ФОЗП} + \text{ФДЗП}$

$$\text{ФЗП} = 850 + 68 = 918 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні витрати

20% вартості обладнання виділяються на амортизацію:

$$1702,76 \cdot 0,2 = 340,552 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на поточний ремонт

З цієї суми, 50% використовується для покриття витрат на поточні ремонти.:

$$V_{\text{поточні}} = 340,552 \cdot 0,5 = 170,276 \text{ тис. грн.}$$

									Лист
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Витрати на охорону праці

2% від фонду оплати праці призначаються для фінансування заходів з охорони праці. Ці кошти використовуються для реалізації заходів, спрямованих на покращення умов праці, створення комфортних побутових і соціальних умов на робочих місцях, підготовку працівників до роботи, а також для закупівлі засобів індивідуального захисту:

$$V_{\text{оп}}=497,664 \cdot 0,02=9,953 \text{ тис. грн.}$$

15. Охорона праці

Дипломний проект передбачає використання сучасних високоякісних будівельних матеріалів і технічних засобів, що відповідають стандартам безпеки праці та екологічним вимогам. Всі необхідні заходи для забезпечення безпечних умов праці будуть враховані, що дозволить мінімізувати виробничий травматизм і створити безпечне середовище для працівників. Важливою частиною є впровадження новітніх технологій та матеріалів, які забезпечують дотримання вимог охорони праці. Крім того, планується проведення спеціалізованих навчань для персоналу, щоб підготувати його до роботи з новими технологіями та вмінням уникати небезпек на робочому місці.

Умови праці

Для забезпечення безпеки працівників, які працюють з холодильною установкою, будуть введені спеціальні заходи. Зокрема, передбачається регулярний контроль технічного стану обладнання та його своєчасне обслуговування. Крім того, на установку буде встановлена система автоматичного відключення у разі виникнення небезпечних ситуацій. Персонал, який працює з холодильною установкою, проходитиме постійні тренування щодо техніки безпеки та правильного використання обладнання.

									Лист
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Перед початком роботи з холодильною установкою потрібно перевірити наявність усіх необхідних документів та оцінити технічний стан обладнання. Кожен робочий процес буде супроводжуватися інструктажем з безпеки та експлуатації.

У разі виникнення аварійної ситуації потрібно оперативно вжити заходів для обмеження небезпеки та проінформувати відповідні служби. Крім того, слід дотримуватись вимог пожежної безпеки і вміти використовувати засоби для гасіння пожеж.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці та застосування спеціальних заходів забезпечить безпеку працівників, екологічну безпеку та сприятиме створенню ефективного та продуктивного робочого процесу.

До негативних факторів на робочому місці відносяться:

- високий рівень шуму та вібрації;
- недостатня вентиляція приміщень;
- підвищена вологість і температура повітря;
- робота з хімічними та іншими небезпечними речовинами;
- робота з радіаційними матеріалами;
- фізичне перевантаження та монотонність роботи; • потенційна небезпека пожежі.

Для мінімізації негативного впливу цих факторів необхідно дотримуватися стандартів безпеки, використовувати засоби індивідуального захисту, проводити регулярний моніторинг робочих умов та забезпечувати навчання персоналу з охорони праці.

									Лист
									62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ

Перед початком роботи з холодильною установкою також необхідно перевірити наявність усіх необхідних документів і провести інструктаж щодо безпеки. У разі аварії важливо швидко вжити заходів і інформувати відповідні служби, а також дотримуватися стандартів пожежної безпеки та володіти навичками використання засобів пожежогасіння.

Таким чином, суворе дотримання стандартів безпеки праці та спеціальних заходів гарантує безпеку працівників, екологічну захищеність та ефективність виробничого процесу.

Повітря робочої зони

Для забезпечення комфортних умов праці в робочій зоні, важливо контролювати параметри повітря, зокрема температуру, вологість, швидкість руху повітря та освітленість. Параметри, що повинні дотримуватися:

- Температура повітря: в межах від 22 до 24°C, що забезпечує комфортну температуру для роботи.
- Вологість повітря: від 40% до 60%, що дозволяє уникнути як надмірної сухості, так і занадто високої вологості, що може впливати на здоров'я та працездатність.
- Швидкість руху повітря: не більше 0,1 м/с, щоб уникнути дискомфорту від надмірного протягу.
- Рівень освітленості: не менше 300 лк, що відповідає мінімальним вимогам для ефективної роботи та знижує навантаження на зір.

Для забезпечення цих оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні можуть бути встановлені різні системи, такі як:

- Кондиціонування повітря: для регулювання температури та вологості.

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Лист
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пилипенко О. Ю., Францішко А. П. Холодильні установки : метод. рекомендації до проведення практ. занять для здобувачів освітнього ступ. «Бакалавр» спец. 142 «Енергетичне машинобудування», освітньо-професійної програми
2. «Холодильні техніка та технології» ден. та заоч. форм навч. Київ : НУХТ, 2021. 58 с. (№ 33.124-15.06.2021)
3. Морозюк Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов : учеб. Одесса : Студия Негоциант, 2006. 712 с.
4. Технологія незбираномолочних продуктів : навч. посібник / Т. А. Скорченко та ін. Вінниця : Нова книга, 2005. 264 с.
5. Тітлов, О.С. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості : навч. посібник / О.С. Тітлов, С.Ф. Горикін. – Львів: Новий Світ-2000, 2021. – 286 с.
6. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. С. Холодильні установки спеціального призначення : підручник. Херсон : Грінь Д.С., 2013. 488 с.
7. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2003. 572 с.
8. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2007.– 335 с.
9. Засядько Я. І., Іващенко Н. В., Францішко А. П. Холодильні установки: метод. рекомендації до використання програмного забезпечення CoolPack в практичних розрахунках для здоб. освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освіт.-проф. програми «Холодильна техніка та технології» ден. та заоч. форм навчання. К. : НУХТ, 2019. 78 с.

					00 КР 142.003.686.2024 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Вимоги до безпеки під час роботи з технікою

Під час монтажу, експлуатації, обслуговування та ремонту обладнання необхідно дотримуватись таких принципів:

1. Працівники повинні мати відповідну кваліфікацію та знання щодо використання обладнання.
2. Усі операції слід виконувати згідно з рекомендаціями виробника та чинними нормами законодавства.
3. Обов'язкове використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил електро- і вогнебезпеки.
4. Регулярна перевірка стану обладнання на наявність дефектів та своєчасне їх усунення.
5. У процесі ремонту необхідно забезпечити безпечні умови, включно з виключенням обладнання, належною вентиляцією та освітленням.

Електробезпека

Для запобігання аваріям під час роботи з електричним обладнанням варто:

1. Навчати працівників правилам електробезпеки та першої допомоги при ураженні струмом.
2. Регулярно перевіряти електромережі на наявність дефектів і своєчасно проводити ремонт.
3. Використовувати лише сертифіковане обладнання та забезпечувати належний рівень ізоляції.

									Лист
									65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.003.686.2024 ПЗ