

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

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис) Сергій Блаженко
(ім'я та прізвище)
« » Червня 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Валентин Петренко
(ім'я та прізвище)
« » Червня 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Холодильні техніка та технології

на тему: Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м.Полтава

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

(прізвище, ім'я, по батькові повністю) Варченко Анатолій Анатолійович
(підпис)

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

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

(ім'я та прізвище) (підпис)

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

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 31 ” березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Варченко Анатолій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м.Полтава

керівник роботи доцент Бондар Володимир Іванович

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R 404 А фреон

Тип продукту Цибуля, морква, капуста, картопля .

Ізоляційний матеріал ППУ

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу _____

1. План та розріз будівлі холодильника

2. Схема холодильної установки

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі виконано проектування та розрахунок овочесховища, місткістю 1000 тон у м. Полтава.

В даному проекті розроблено та спроектовано будівлю овочесховища, розроблено схему холодильної установки, виконано підбір холодильного обладнання. Одним із основних завдання при розробці проекту було ефективне використання електроенергії під час роботи обладнання, автоматизація виробництва холоду та зменшення площі овочесховища за рахунок використання сучасних матеріалів, обладнання та провідних способів зберігання продукції. Це, в свою чергу, дало змогу зменшити капітальні та експлуатаційні витрати. Також зроблено підбір основних вузлів холодильної установки, а саме: компресора, конденсатора, випарника та іншого допоміжного обладнання холодильної установки.

В овочесховищі використовуються сучасні будівельні матеріали, обладнання, також наявна сучасна система автоматизації та застосовані сучасні методи зберігання продукції. Що робить його в сучасному світі техніко-економічно обґрунтованим і конкурентоспроможним.

Ключові слова: овочесховище, зберігання продукції, фреон, обладнання, теплонадходження, R404A, проміжний холодоносій, ізоляційні матеріали, охорона праці.

					<i>00.КР.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						ХМ 4-12ск		

Зміст

Вступ

1. Технологічна схема термічної обробки продукції.....
 2. Розрахунок режимів холодильного оброблення продукції.....
 3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.....
 4. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника.....
 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....
 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень.....
 7. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори.....
 8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.....
 9. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок машини.....
 10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор).....
 11. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання камер зберігання.....
 12. Вибір допоміжного обладнання.....
 13. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.....
 14. Вибір насосів та вентиляторів.....
 15. Техніко-економічні показники проекту.....
 16. Охорона праці.....
- Список використаної літератури.....

					<i>00.КР.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища мі- сткістю 1000 тон у м. Полтава</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						ХМ 4-12ск		

Вступ

Сучасний світовий рівень виробництва продуктів харчування можна охарактеризувати з двох різних сторін:

- з однієї сторони це збільшення врожайності полів за рахунок використання нових врожайних сортів рослин, селекцією високопродуктивних сортів, введенням додаткових хімічних речовин у сільському господарстві;
- з іншого сторони – зменшення посівних площ внаслідок будівництва міст, розширення мереж доріг, промислових комплексів, аеродромів, під які найчастіше виділяють родючі землі.

Ці всі моменти відбувається на тлі постійного та швидкого зростання населення на планеті. Питання продовольства, як і завжди, стає одним з найбільш важливих.

Наразі проблема полягає не в тому, що продукти харчування та харчові ресурси вичерпані, а в тому, що втрати продовольства та сільськогосподарської продукції на шляху від полів селян та аграрних компаній до магазину, а вже потім до столу споживача досягають значних величин.

Як вихід з даної ситуації - це створення «максимально нерозривних» холодильних ланцюгів, які складається з окремих ланок, що забезпечують умови для максимально швидкого холодильного оброблення та збереження продуктів, які швидко псуються, на шляху від місць виробництва чи вирощування до споживачів.

Первинною ланкою холодильного ланцюга є виробничо-заготівельні холодильники, що є складовими частинами харчових підприємств. Крім цього вони можуть бути самостійними організаційними структурами. Робота таких холодильників має винятково сезонний характер і не розрахована на довготривале зберігання продукції. Тому обсяг камер в таких холодильниках не повинен бути дуже великим.

					<i>00.КР.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						ХМ 4-12ск		

Сучасні технологічні процеси попереднього охолодження, а саме швидке зниження температури перед транспортуванням і закладкою на збереження, дозволяє продовжити термін холодильного збереження буряків, капусти, часнику, моркви тощо.

Штучний холод у плодоовочевій промисловості використовується майже на всіх етапах: при попередньому охолодженні, транспортуванні, заморожуванні та зберіганні фруктів і овочів, а також у виробництві та зберіганні соків і плодоовочевих консерв.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологічна схема холодильної обробки продукції

Овочесховище знаходиться у м. Полтава. Місткість камер зберігання проектуємо виходячи із завдання складає 1000 тон. Плануємо зберігати наступні овочі у відповідних кількостях: цибуля – 200 т, капуста – 240 т, картопля – 270 т, морква – 290 т. Для забезпечення холодом проектуємо власний холодильно-компресорний цех, де буде встановлено фреонову холодильну установку.

1.1 Технологія зберігання цибулі

Цибулю солодких і напівгострих сортів зберігають при температурі 0 ... 1 °С та відносній вологості повітря у межах 80 - 90%. Розміщувати цибулю будуть в тарі (полуконтейнерах, сітчастих і відкритих поліетиленових мішках, які встановлені на стоечних піддонах) або розсипом (навалом) шаром 2,5 ... 4 м при активному провітрюванні (вентилюванні).

В даному дипломному проекті цибулю будуть зберігати при температурі 0° С та відносній вологості повітря близько 70% протягом 4-8місяців. Тара - сітчасті та відкриті поліетиленові мішки.

Приймаю, що цибулю будуть зберігати у рейкових ящиках.

1.2 Технологія зберігання моркви

Моркву зберігають в овочесховищах насипом, пірамідах, ящиках і поліетиленових мішках. Далі морква повинна пройти карантин терміном в 2 тижні при температурі 10-14°С. Далі відбувається сортування – зіпсовані коренеплоди викидають. При t -1°С головка моркви підмерзає та потім буде псуватись. При t 5°С коренеплоди починають проростати. Даний процес можна призупинити за допомогою зниження в сховищі температури до 0°С та підтримувати відносну вологість повітря на рівні 90 - 95%.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава		
Перевір.		Бондар В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Літ.	Лист.	Листів
					ХМ 4-12ск		

При зберіганні моркви в овочесховищах вона часто зверху мокріє та починає загниває. Тому овочесховища необхідно систематично провітрювати або коренеплоди вкривати мішковиною.

При зберіганні моркви в ящиках на дно насипають вологий пісок (2 - 3 см), на його укладають коренеплоди в кілька шарів і знову пересипають їх піском. Добре зберігається морква в поліетиленових мішках масою 20 - 25 кг. Мішки не зав'язують, щоб у них не було збільшення концентрації вуглекислого газу та не підвищувалася відносна вологість повітря.

Приймаю, що моркву буду зберігати в штабелях.

1.3 Технологія зберігання капусти

Капусту на зберігання закладають лише непошкоджені щільні головки технічної стиглості та середнього розміру, з двома-трьома прилягаючими зеленими листками. Капуста білокачанна зберігається при відсутності освітлення, за температури -1°C та відносній вологості повітря 90%. В капустосховищах-холодильниках при температурі 0°C та відносній вологості 90% головки капусти можна зберегти 10-12 місяців. У сховищах, де є активне вентилявання, капусту розміщують в засіках висотою 3 м. Після встановлення в цих сховищах температури 0°C їх щодоби вентиляють по 6 разів на протязі 30 хвилин. При виявленні краплинної вологи сховище вентиляють доти, поки вона не зникне. Капусту у свіжому вигляді зберігають у ґратчастих ящиках, у невеликих штабелях, укладаючи кочеригу всередину, в підвалах або льохах при температурі $0-1^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості 80-85%.

Приймаю, що капусту будемо зберігати у дерев'яних контейнерах розмірами 1200x1000x900 мм.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Технологія зберігання картоплі

На сьогоднішній день існує два основних типи зберігання картоплі:

- 1) зберігання насипом столової, насінної картоплі та картоплі для переробки на крохмаль;
- 2) зберігання в контейнерах насінної та столової картоплі.

Картопля на споживання не має зберігатись в насипі вище 4м, тоді як максимальна висота насипу для насінної картоплі не має перевищувати висоту 3м. Зберігання насипом відбувається за рахунок повітря, яке подається в камеру під тиском у підпідлогові або надпідлогові повітропроводи, а звідти проходить через товщу продукту. Якщо висота насипу перевищить рекомендовану, то всередині насипу температура буде підвищеною, а на нижній шар картоплі буде створюватись певний тиск, що призведе до утворення плям на бульбї.

Оптимальною температурою на період зберігання є 1.5-2°C. Для ранньостиглих 3-4°C, а для середньостиглих і пізньостиглих сортів 5-6°C за відносної вологості повітря 85-95%.

Контейнерне зберігання має деякі переваги в порівнянні зі зберіганням насипом. Наприклад: легкість розділення продукції по видам та сортам, а також зручний доступ до партій цієї продукції. Так як висота картоплі в контейнері рівна 1м, то зменшується тиск та різниця температур між бульбами є мінімальною. При контейнерному зберіганні швидше проходить просушування та охолодження картоплі, ніж при зберіганні насипом, зменшується вірогідність розповсюдження захворювань під час зберігання. Однак всі ці переваги існують тільки при добре спроектованій системі розподілення повітря та правильно розробленій системі зберігання, а також типу контейнерів.

Приймаю, що картоплю будемо зберігати в ящиках.

Таблиця 1.1. Період завантаження овочесховища продуктами

Капуста	Картопля	Цибуля	Морква
3 20 серпня – до 5 вересня	27 серпня - до 15 вересня	2-15 серпня	1-13 вересня

Таблиця 1.2. Зведена таблиця по продукції для зберігання:

№	Назва камери	Температура, °С	Відносна вологість, %	Кратність циркуляції повітря, об/год		Кратність обміну повітря		Тривалість зберігання в холодильнику
				Охолодження	Зберігання	Охолодження	Зберігання	
1	Зберігання капусти	0,5...-1	85-90	10-12	примусова 3 м/с	2-3 об/год	2-3 об/год кожні 3 доби	6-8 місяців
2	Зберігання цибулі	-2	70-75	8-10	примусова 3 м/с	2-3 об/год	2-3 об/год кожні 3 доби	4-8 місяців
3	Зберігання картоплі	3...4	85-90	20-30	примусова 3 м/с	1-3об/год	1 об/год кожні 3 доби	4-8 місяців
4	Зберігання моркви	0...-0,5	90-95	-	-	-	-	4-6 місяців

2.Розрахунок режимів холодильного оброблення

Розраховую час охолодження капусти в контейнерах:

$\nu_{\text{пов}}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря в камері.

$$\nu_{\text{пов}} = 13,99 \cdot 10^{-6};$$

$W_{\text{пов}} = 3,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість повітря.

Капусту зберігаємо у дерев'яних контейнерах розмірами 1200x1000x900 мм.

$d_{\text{пр}}$ – половина висоти найменшої сторони ящика 450 мм;

$\lambda_{\text{пвт}} = 0,0241$ - коефіцієнт теплопровідності повітря в;

$$\alpha_{\text{пов}} = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пвт}}}{d_{\text{пр}}} = \frac{584,079 \cdot 0,0241}{0,45} = 31,281 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \text{ - коефіцієнт тепловіддачі;}$$

$$Re = \frac{W_{\text{пов}} \cdot d_{\text{пр}}}{\nu_{\text{пов}}} = \frac{3,5 \cdot 0,45}{13,99 \cdot 10^{-6}} = 112580 \text{ – критерій Рейнольдса;}$$

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,7} = 0,17 \cdot 112580^{0,7} = 584,079 \text{ – критерій Нусельта;}$$

$\lambda_{\text{пр}} = 0,34 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ - коефіцієнт теплопровідності капусти при температурі 0°C ;

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda_{\text{пр}}} = \frac{31,281 \cdot 0,45}{0,34} = 41,401 \text{ – критерій Біо;}$$

$t_{\text{пов}} = -1^{\circ} \text{C}$ - тривалість охолодження до температури на поверхні продукту;

t_0 – середньологарифмічна температура гліколю;

Температура в камері – 0°C . Приймаю, що гліколь виходить з випарника з температурою $t_{\text{г}} = -5^{\circ} \text{C}$, а на вході у випарника $t_{\text{м}} = -3^{\circ} \text{C}$. Отже:

$$t_0 = \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{м}}}{\ln \frac{t_{\text{г}}}{t_{\text{м}}}} = \frac{-5 - (-3)}{\ln \frac{-5}{-3}} = -3,9^{\circ} \text{C}$$

Розраховуємо безрозмірнісну температуру на поверхні капустини в кінці охолодження:

$$\theta_R = \frac{t_{\text{пов}} - t_{\text{кам}}}{t_0 - t_{\text{кам}}} = \frac{-1 - 0}{-3,9 - 0} = 0,25$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава		
Перевір.		Бондар В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Літ.	Лист.	Листів
					ХМ 4-12ск		

Використовуючи графік безрозмірної температури на поверхні ящика знаходимо число Фур'є F_o .

$$F_o = 0,0015$$

$\rho_{\text{пр}} = 700 \text{ кг/м}^3$ - густина продукту.

$c_{\text{пр}} = 3,94 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ - питома теплоємність продукту.

$a_{\text{пр}} = \frac{\lambda_{\text{пр}}}{c_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}} = \frac{0,34}{3,94 \cdot 700} = 1,23 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ - температуропровідність для капусти.

$$\tau = \frac{F_o \cdot R^2}{a_{\text{пр}}} = \frac{0,0015 \cdot 0,45^2}{1,23 \cdot 10^{-4}} = 2,47 \text{ год}$$

Знаходжу теплове навантаження при охолодженні капусти:

$$Q_{2\text{пр}} = M_{\text{пр}} \cdot c_{\text{пр}} \cdot (t_1 - t_2) \frac{10^3}{24 \cdot 3600}$$

$M_{\text{пр}} = 24 \text{ т/добу}$ - добове надходження продуктів (капусти).

$c_{\text{пр}} = 3,14 \frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$ - питома теплоємність продукту.

t_1 і $t_2 = 20^\circ\text{C}$ і 0°C - відповідно початкова та кінцева температура продукту.

$$Q_{2\text{пр}} = 24 \cdot 3,14 \cdot (20 - 0) \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 17,444 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Техніко-економічне обґрунтування

Відповідно до завдання дипломного проекту проекту овочесховище місткістю 1000 тон у м. Полтава.

Значна кількість овочевої продукції при зборі потребує якнайшвидшого збереження для продовження термінів реалізації та підвищення отримуваних прибутків, що є ідеальними умовами для створення овочесховищ, які працюють в умовах регульованого газового середовища.

Мною обрано холодоагент - R404A. Схему використовую з проміжним холодоносієм. Тип холодильної установки: фреонова, одноступенева, на одну температуру кипіння, так як обрані мною продукти мають приблизно однакові рекомендовані температурні режими для зберігання. Компресори проекту гвинтові фірми Bitzer, а повітроохолодники – фірми Gea Kuba.

Використання фреонових холодильних установок дало змогу зменшити загальну площу холодильника, що в свою чергу зменшить капітальні затрати на будівництво. Також для зменшення початкових витрат було прийнято рішення використовувати металоконструкцію в якості несучої конструкції, а в якості теплоізоляції обрано сендвіч-панелі. Використання цих матеріалів є одним із найсучасніших способів будівництва, що забезпечує простоту, короткі терміни будівництва та високі експлуатаційні характеристики.

Одним із найважливіших елементів овочесховища є установки, для забезпечення та підтримування регульованого газового середовища в камерах.

Використання РГС при зберіганні овочів добре зарекомендувало себе за кордоном і все частіше використовуються в Україні. Коренеплоди, які зберігаються в РГС, довше зберігають свої корисні властивості, мають кращий та здоровіший вигляд та більшу привабливість для споживача, що в свою чергу збільшує обсяги продажу, скорочує термін окупності обладнання та збільшує прибуток.

					<i>00.KP.142.008.009.2022.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
					<i>ХМ 4-12ск</i>		

4.Визначення основних розмірів та планування приміщень ХОЛОДИЛЬНИКА

Місткість овочесховищ визначають з розрахунку:

1. картопля—0,5 тон продукції на 1 м³ вантажного об'єму;
2. цибуля —0,38 тон продукції на 1 м³ вантажного об'єму;
3. морква—0,36 тон продукції на 1 м³ вантажного об'єму;
4. капуста —0,3 тон продукції на 1 м³ вантажного об'єму;

Овочесховище складається з наступних основних частин: головного корпусу, який включає в себе охолоджуваний склад з теплоізоляційними зовнішніми огороженнями, блок службових приміщень та машинне відділення, що примикає до південної стіни, щоб зменшити тепловтрати в камерах охолоджуваного складу.

Також я побудував автомобільну платформу, оскільки запроектоване овочесховище має порівняно невелику потужність по зберіганню, тому овочі будуть надходити та відвантажувати тільки автомобілі, з довжиною, 18м та шириною 12 м і висотою (над поверхнею розвантажувальної – навантажувальної площадки) 4,6 м,.

Овочесховище проектуємо одноповерховим. Планування усередині охолоджуваного складу вибираю за стандартним типом – з одним внутрішнім коридором. У холодильнику такого типу двері холодильних камер виходять у коридор і тому не контактують із зовнішнім повітрям. Таке планування у сучасній практиці проектування найбільш поширене.

У блоці підсобних приміщень, що пристроюються до охолоджуваного складу, розміщуємо машинне відділення.

Я проектую холодильник для зберігання овочів з 4 камерами зберігання продукції.

					<i>00.КР.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>ХМ 4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Сітку колон приймаю рівною 6×12 м, висоту камер – 4,8 м. Ширину вантажних коридорів приймаю 6, а їхню висоту – 4,8 м. Висоту складування приймаю згідно рекомендацій – 4м. Стелі в камерах звичайно роблю гладкими, а підлогу влаштовую на рівні землі.

1. Визначаємо необхідну площу основних камер:

а) камери зберігання продуктів по формулі (7,2) [1]:

Камери зберігання капусти:

$$F_{\text{к.з.капусти}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_v \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta}$$
$$F_{\text{к.з.капусти}} = \frac{240}{0,3 \cdot 4 \cdot 0,95} = 210,526 \text{ м}^2$$

де $B_{\text{к}}$ - місткість камер зберігання, т; q_v - норма навантаження на 1 м^3 вантажного об'єму камери; $h_{\text{гр}}$ - вантажна висота штабелю; β - коефіцієнт використання будівельної площі камери.

Кількість будівельних прямокутників знаходимо по формулі (7.6) [1]:

$$n = \frac{F_{\text{прод}}}{f}$$
$$n = \frac{210,526}{72} = 2,92$$

Приймаю 3 прямокутники. Тоді дійсна площа камери:

$$F_{\text{к.з.кап.д}} = n \cdot f = 3 \cdot 72 = 216 \text{ м}^2$$

Розраховую дійсну місткість камер т:

$$B_{\text{к}} = q_v \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta \cdot F_{\text{к.з.кап.д}} = 0,3 \cdot 4 \cdot 0,95 \cdot 216 = 246,24 \text{ т.}$$

де $F_{\text{прод}}$ - будівельна площа камер різного застосування, м^2 ; f - будівельна площа одного прямокутника при прийнятій сітці колон, м^2 .

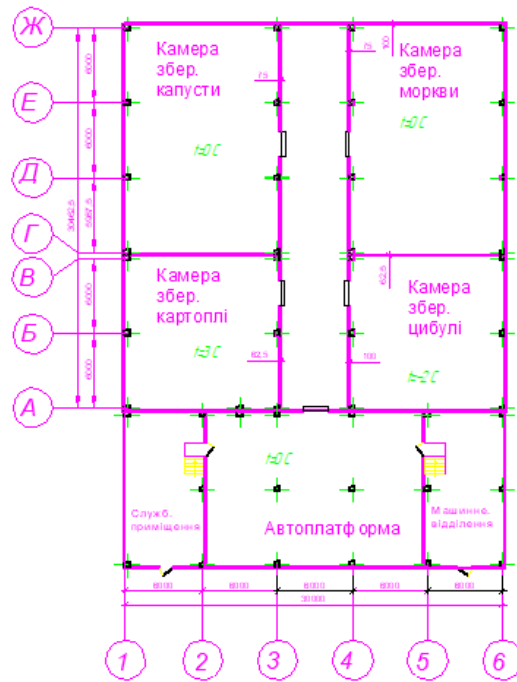
Камери зберігання моркви:

$$F_{\text{к.з.моркви}} = \frac{290}{0,36 \cdot 4 \cdot 0,95} = 211,99 \text{ м}^2$$
$$n = \frac{211,99}{72} = 2,94$$

Приймаю 3 прямокутники.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника



Утеплення овочесховища виконуємо із пінополіуретану (ППУ) сендвіч панелей, які в свою чергу є як і теплоізоляцією так і гідроізоляцією. Оскільки метал має малий коефіцієнт паропроникності, а всі стики ізолюються герметиком.

Таблиця 5.1

Сендвіч-панель	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. Стальний оцинкований лист	0,001	55	0,00003636
2. Теплоізоляція з пінополіуретана	-	0,029	
3. Стальний оцинкований лист	0,001	55	

Середньорічну температуру зовнішнього повітря для м. Полтава приймаю за літературою [1]. Вона складає 7°C.

Зовнішня стіна камер зберігання капусти при $t_{в}=0^{\circ}\text{C}$

Склад стіни зображено в табл.5.1. Значення коефіцієнта теплопередачі для зовнішньої огорожі ізоляції камери з $t_{в}=0^{\circ}\text{C}$:

$k_0^{mp} = 0,4 \text{ Вт/ м}^2\text{К}$ відповідно табл.8.2 (Б.К.Явнель).

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.						ХМ 4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за табл. 8.1:

$$\alpha_n = 23 \text{ Вт/ м}^2\text{К} ; \alpha_e = 9 \text{ Вт/ м}^2\text{К} .$$

Визначаємо термічний опір окремих шарів будівельної конструкції $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$.

Результати розрахунків зводжу у табл.5.2.

Підраховую сумарний термічний опір усіх прошарків, крім теплоізоляції:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,001}{55} + \frac{0,001}{55} = 0,00003636 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Необхідну товщину теплоізолюючого шару знаходимо по формулі (8.2):

$$\delta_{iz}^{mp} = \lambda_{iz} \cdot \left(\frac{1}{k_0^{mp}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right)$$

$$\delta_{iz}^{Tp} = 0,029 \cdot \left(\frac{1}{0,4} - \left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,068 \text{ м.}$$

Округлюю до більшого значення типорозміру сендвіч-панелей 80 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right) + \frac{\delta_{iz,\delta}}{\lambda_{iz}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,029}} = 0,34 \text{ Вт/ м}^2\text{К.}$$

Всі зовнішні стіни овочесховища приймаю рівними для більш естетичного вигляду та полегшення з'єднання панелей між собою.

Внутрішні стіни: стіна між камерою зберігання капусти $t = 0^{\circ}\text{C}$ і коридором $t = 12^{\circ}\text{C}$

$$K_0^{mp} = 0,46 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ; (\text{табл. 8.4})$$

$$\alpha_1 = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ; (\text{табл. 8.1})$$

$$\alpha_2 = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,00003636 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{mp} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{K_0^{mp}} - \left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right];$$

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2.

Огородження	$t_{в},$ °C	$\alpha_3, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	$\alpha_в, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	Товщина теплоізоляційного шару, мм		Коефіцієнт теплопередачі, Вт/м ² ·К	
				$\delta^{\text{необх}}$	$\delta^{\text{дійсн}}$	$K^{\text{необх}}$	$K^{\text{дійсн}}$
Зовнішні стіни камер зберігання капусти	0	23	9	68	80	0,4	0,34
Зовнішні стіни камер зберігання картоплі	3	23	9	68	80	0,4	0,34
Зовнішні стіни камер зберігання моркви	0	23	9	68	80	0,4	0,34
Зовнішні стіни камер зберігання цибулі	-2	23	9	68	80	0,4	0,34
Зовнішні стіни автоплатформи	0	9	8	68	80	0,4	0,34
Внутрішня стіна камери зберігання капусти яка контактує з коридором	0	9	8	56	60	0,46	0,43
Внутрішня стіна камери зберігання цибулі яка контактує з камерою зберігання моркви	-2/0	9	9	48	50	0,53	0,514
Внутрішня стіна камери зберігання капусти яка контактує з камерою зберігання картоплі	0/3	9	9	52	60	0,5	0,437
Внутрішня стіна камери зберігання картоплі яка контактує з коридором	3	9	9	44	50	0,57	0,51
Внутрішня стіна камери зберігання цибулі яка контактує з коридором	-2	9	8	66	80	0,4	0,333
Покриття	-2	23	9	73	80	0,375	0,343

6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Початковими даними для розрахунку є план холодильника з нанесенням розмірів камер та орієнтацією по сторонам світу, значення коефіцієнтів теплопередачі будівельно-ізоляційних конструкцій, температура та вологість в камерах, температура зовнішнього повітря та суміжних приміщень, температура та кількість вантажів, що надходять до камер.

Види теплонадходжень

Якість овочів може бути забезпечено тільки при стабільному та оптимальному температурному режимі, що підтримується в холодильних камерах. Також враховуючи специфіку продукту (дихання органічної продукції) необхідно організувати повітрообмін в камерах. Для створення найбільш сприятливих режимів зберігання продуктів необхідно правильно вибрати основне та допоміжне обладнання. Холодильне устаткування підбираю на підставі теплового розрахунку, що враховує усі види теплонадходжень, які впливають на зміну температурного режиму в камерах.

Враховую наступні теплонадходження:

- Q_1 – через огорожуючі конструкції приміщення;
- Q_2 – від продуктів при їхній холодильній обробці;
- Q_3 – із зовнішнім повітрям при вентиляції приміщення;
- Q_4 – від різних джерел при експлуатації;
- Q_5 – від продуктів при "диханні".

Холодильне устаткування повинне бути обране так, щоб відвід тепла, що проникає в камеру, був забезпечений при найгірших умовах, тобто для овочесховища це рання осінь, коли відбувається завантаження камер продукцією. Основну їх частину складають теплонадходження через огорожуючі конструкції Q_1 та від продуктів при холодильній обробці Q_2 .

					<i>00.KP.142.008.009.2022.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
					<i>ХМ 4-12ск</i>		

6.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції

Q_1 визначають як суму теплонадходжень (через стіни, перегородки, перекриття або покриття, через підлоги тощо), які викликані наявністю різниці температур ззовні огороження та у середині охолоджуваного приміщення Q_{1T} , а також теплонадходжень, які відбуваються в наслідок впливу сонячної радіації Q_{1c} через покрівлю та зовнішні стіни:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}$$

Теплонадходження через стіни, перегородки, перекриття або покрівлю Q_{1T} (у Вт) розраховую по формулі:

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot \theta = k_d \cdot F \cdot (t_n - t_b)$$

де k_d - дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, який визначено при розрахунку товщини ізоляційного шару по формулі (8.3), Вт/(м² · К);

F - розрахункова площа поверхонь огороження, м²;

θ - розрахункова різниця температур (температурний напір), К;

t_n - розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

t_b - розрахункова температура повітря охолоджуваного приміщення, °С.

Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни та покрівлю холодильників Q_{1c} (у кВт) визначаємо по формулі:

$$Q_{1c} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c$$

де k_d - дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м² · К);

F - площа поверхні огороження, що опромінюється сонцем, м²;

Δt_c - надлишкова різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації, К.

Температуру зовнішнього повітря для міста Полтава приймаю відповідно до рекомендацій: середньорічна $t_{cp} = 7$ °С;

Розрахункова максимальна температура кінця серпня – початку вересня складає +31 °С. Мінімальна температура спостерігається короткостроково (на протязі 2х тижнів) в січні-грудні та складає -22 °С.

Розраховуємо надходження теплоти через будівельні конструкції.

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера №1 (зберігання капусти): розраховуємо на 1 режим роботи охолодження та зберігання продукції, оскільки температура в камері $t_{вн} = 0^{\circ}\text{C}$.

Зовнішня стіна (західна) $k_d = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ температура зовнішнього повітря $t_z = 32^{\circ}\text{C}$. Внутрішня стіна (східна межує з коридором 12°C $k_0^{\circ} = 0,430 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$, північна з зовнішнім повітрям 32°C $k_d = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, південна з камерою зберігання картоплі $+3^{\circ}\text{C}$ $k_0^{\circ} = 0,437 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

$$F = lh, \text{ м}^2$$

де l – довжина стіни, м; h – висота стіни, м.

Зовнішня стіна (західна):

$$k_d = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 32^{\circ}\text{C}$$

$$F = 18 \cdot 4,8 = 86,4 \text{ м}^2$$

$$Q_{1т} = k_d \cdot F \cdot (t_z - t_{вн}) = 0,4 \cdot 86,4 \cdot (32 - 0) = 1,106 \text{ кВт}$$

Теплонадходження від сонячної радіації (металево пофарбоване облицювання сендвіч панелей можна вважати «білими поглазурованими плитами»), отже Δt_{1c} для західної стіни :

$$\Delta t_{1c} = 10,2^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{1c} = k_0 \cdot F \cdot \Delta t_c = 0,4 \cdot 86,4 \cdot 10,2 = 0,353 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = Q_{1т} + Q_{1c}$$

$$Q_1 = 1,106 + 0,353 = 1,459 \text{ кВт}$$

Зовнішня стіна (північна):

$$k_d = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_n = 32^{\circ}\text{C}$$

$$F = 12 \cdot 4,8 = 57,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{1т} = k_d \cdot F \cdot (t_z - t_{вн}) = 0,4 \cdot 57,6 \cdot (32 - 0) = 0,737 \text{ кВт}$$

Δt_{1c} для північної стіни :

$$\Delta t_{1c} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = 0,737 + 0 = 0,737 \text{ кВт}$$

Внутрішня стінка (що межує з камерою зберігання картоплі)

$$k_d = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_h = 3^\circ\text{C}$$

$$F = 12 \cdot 4,8 = 57,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_3 - t_B) = 0,45 \cdot 57,6 \cdot (3 - 0) = 0,078 \text{ кВт}$$

Стіна внутрішня тому теплонадходжень від сонячної радіації немає.

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 0,078 + 0 = 0,078 \text{ кВт.}$$

Внутрішня стіна (що межує з коридором)

$$k_d = 0,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 0,6 \cdot (t_h - t_B) = 0,6 \cdot (32 - 0) = 19,2^\circ\text{C}$$

$$F = 18 \cdot 4,8 = 86,4 \text{ м}^2$$

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_3 - t_B) = 0,43 \cdot 86,4 \cdot (19,2 - 0) = 0,713 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 0,713 + 0 = 0,713 \text{ кВт}$$

Покрівля

Оскільки покрівля світла, то приймаю $\Delta t_c = 14,9^\circ\text{C}$:

$$k_d = 0,365 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$t_h = 32^\circ\text{C}$$

$$F = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2$$

$$\Delta t_c = 14,9^\circ\text{C}$$

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_3 - t_B) = 0,365 \cdot 216 \cdot (32 - 0) = 2,523 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c = 0,365 \cdot 216 \cdot (14,9 - 0) = 1,175 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}$$

$$Q_1 = 2,523 + 1,175 = 3,698 \text{ кВт}$$

Підлога:

Враховуючи те, що підлога без нагрівників, то теплонадходження через неї визначаємо сумуванням теплонадходжень через умовні зони шириною 2 метри.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо теплопритоки до камери зберігання капусти

Площа камери $F = 216 \text{ м}^2$, температура $t_{\text{кам}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

В підлозі ізоляції немає, тому коефіцієнт що характеризує відносне зростання термічного опору підлоги m приймаємо рівним одиниці. Капуста поступає до складу у серпні.

Середньодобова температура серпня $t_{\text{с.д.}} = 16,8^\circ\text{C}$

$$m = 1$$

$$Q_{1T} = \Sigma(k_{\text{усл}} \cdot F \cdot (t_{\text{с.д.}} - t_{\text{в}})m)$$

$k_{\text{усл}} = 0,47; 0,23; 0,12; 0,07$ - умовний коефіцієнт теплопередачі для різних зон підлоги.

$$F_1 = 28 \cdot 2 = 56 \text{ м}^2$$

Розраховуємо теплонадходження до першої двохметрової зони:

$$Q_{1T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m \cdot 10^{-3} = 0,47 \cdot 56 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,442 \text{ кВт}$$

Для всіх інших зон розрахунки проводимо аналогічно.

$$F_2 = 24 \cdot 2 = 48 \text{ м}^2$$

$$Q_{2T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,23 \cdot 48 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,186 \text{ кВт}$$

$$F_3 = 20 \cdot 2 = 40 \text{ м}^2$$

$$Q_{3T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,12 \cdot 40 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,081 \text{ кВт}$$

$$F_4 = 72 \text{ м}^2$$

$$Q_{4T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,07 \cdot 72 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,085 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = \Sigma Q = 0,442 + 0,186 + 0,081 + 0,085 = 0,794 \text{ кВт}$$

Камера зберігання картоплі

В підлозі ізоляції немає, тому коефіцієнт що характеризує відносне зростання термічного опору підлоги m приймаємо рівним одиниці.

Картопля поступає до складу у вересні.

Середньодобова температура вересня $t_{\text{с.д.}} = 13,0^\circ\text{C}$

$$m = 1$$

$$Q_{1T} = \Sigma(k_{\text{усл}} \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m)$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_1 = 24 \cdot 2 = 48 \text{ м}^2$$

Розраховуємо теплонадходження до першої двохметрової зони

$$Q_{1T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m \cdot 10^{-3} = 0,47 \cdot 48 \cdot (13,0 - 3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,226 \text{ кВт}$$

Для всіх інших зон розрахунки проводимо аналогічно.

$$F_2 = 18 \cdot 2 = 36 \text{ м}^2$$

$$Q_{2T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,23 \cdot 36 \cdot (13,0 - 3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,083 \text{ кВт}$$

$$F_3 = 14 \cdot 2 = 28 \text{ м}^2$$

$$Q_{3T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,12 \cdot 28 \cdot (13,0 - 3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,034 \text{ кВт}$$

$$F_4 = 32 \text{ м}^2$$

$$Q_{4T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,07 \cdot 32 \cdot (13,0 - 3) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,022 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = \Sigma Q = 0,226 + 0,083 + 0,034 + 0,022 = 0,365 \text{ кВт}$$

Автоплатформа

В підлозі ізоляції немає, тому коефіцієнт що характеризує відносне зростання термічного опору підлоги m приймаємо рівним одиниці.

Середньодобова температура серпня $t_{\text{с.д.}} = 16,8^\circ\text{C}$

$$m = 1$$

$$Q_{1T} = \Sigma(k_{\text{усл}} \cdot F \cdot (t_{\text{с.д.}} - t_{\text{в}})m)$$

$$F_1 = 30 \cdot 2 = 60 \text{ м}^2$$

Розраховуємо теплонадходження до першої двохметрової зони

$$Q_{1T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m \cdot 10^{-3} = 0,47 \cdot 60 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,474 \text{ кВт}$$

Для всіх інших зон розрахунки проводимо аналогічно.

$$F_2 = 24 \cdot 2 = 48 \text{ м}^2$$

$$Q_{2T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,23 \cdot 48 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,186 \text{ кВт}$$

$$F_3 = 20 \cdot 2 = 40 \text{ м}^2$$

$$Q_{3T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,12 \cdot 40 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,081 \text{ кВт}$$

$$F_4 = 68 \text{ м}^2$$

$$Q_{4T} = k_{\text{усл}} \cdot F(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})m = 0,07 \cdot 68 \cdot (16,8 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = \Sigma Q = 0,474 + 0,186 + 0,081 + 0,08 = 0,821 \text{ кВт}$$

Камера зберігання моркви

В підлозі ізоляції немає, тому коефіцієнт що характеризує відносне зростання термічного опору підлоги m приймаємо рівним одиниці.

Морква поступає до складу у вересні.

Середньодобова температура вересня $t_{c.d.} = 13,0^\circ\text{C}$

$$m = 1$$

$$Q_{1T} = \Sigma(k_{yсл} \cdot F \cdot (t_H - t_B)m)$$

$$F_1 = 30 \cdot 2 = 60 \text{ м}^2$$

Розраховуємо теплонадхоження до першої двохметрової зони

$$Q_{1T} = k_{yсл} \cdot F(t_H - t_B)m \cdot 10^{-3} = 0,47 \cdot 60 \cdot (13,0 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,367 \text{ кВт}$$

Для всіх інших зон розрахунки проводимо аналогічно.

$$F_2 = 24 \cdot 2 = 48 \text{ м}^2$$

$$Q_{2T} = k_{yсл} \cdot F(t_H - t_B)m = 0,23 \cdot 48 \cdot (13,0 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,143 \text{ кВт}$$

$$F_3 = 20 \cdot 2 = 40 \text{ м}^2$$

$$Q_{3T} = k_{yсл} \cdot F(t_H - t_B)m = 0,12 \cdot 40 \cdot (13,0 -) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,062 \text{ кВт}$$

$$F_4 = 68 \text{ м}^2$$

$$Q_{4T} = k_{yсл} \cdot F(t_H - t_B)m = 0,07 \cdot 68 \cdot (13,0 - 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,062 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = \Sigma Q = 0,367 + 0,143 + 0,062 + 0,062 = 0,634 \text{ кВт}$$

Камера зберігання цибулі

В камері зберігання цибулі $t_B = -2^\circ\text{C}$, тому приймаємо що в цій камері буде підлога з при електрообігрівання ґрунту.

Теплопритоки через підлогу з підігрівом розраховується за формулою.

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_T - t_B) \cdot 10^{-3}$$

Середня температура поверхні пристрою для обігріву ґрунту (при електрообігрівання ґрунту приймають) - $t_T = 1^\circ\text{C}$.

$$F = 144 \text{ м}^2;$$

$$k_d = 0,54 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва камери	Назва огородж.	Кд Вт/м2	Розміри, м			F м2	tз С	tв С	Δt С	Δtc С	Q1г кВт	Q1с кВт	Q1 кВт
			L	B	H								
Камера №1	Вс-Сх	0,43	18	-	4,8	86,4	-	0	19,2	0	0,713	0	0,713
Зберігання капусти	Вс-Пд	0,45	12	-	4,8	57,6	3	0	3	0	0,078	0	0,078
	Зс-Пн	0,4	12	-	4,8	57,6	32	0	32	0	0,737	0	0,737
	Зс-Зх	0,4	18	-	4,8	86,4	32	0	32	10,2	1,106	0,353	1,459
	Підлога	2м)-0,47 4м)-0,23 6м)-0,12 8м)-0,07	12	18	-	216	16,8	0	16,8	0	0,794	0	0,794
	Покриття	0,365	12	18	-	216	32	0	32	14,9	2,523	1,175	3,698
Всього											5,951	1,528	7,479

Назва камери	Назва огородж.	Кд Вт/м2	Розміри, м			F м2	tз С	tв С	Δt С	Δtc С	Q1г кВт	Q1с кВт	Q1 кВт
			L	B	H								
Камера №2	Вс-Пд	0,225	12	-	4,8	57,6	8	0	8	0	0,104	0	0,104
Зберігання моркви	Зс-Пн	0,4	12	-	4,8	57,6	32	0	32	0	0,737	0	0,737
	Зс-Сх	0,4	18	-	4,8	86,4	32	0	32	8,5	1,106	0,294	1,400
	Вс-Зх	0,43	18	-	4,8	86,4	-	0	19,2	0	0,713	0	0,713
	Підлога	2м)-0,47 4м)-0,23 6м)-0,12 8м)-0,07	12	18	-	216	13,0	0	13,0	0	0,634	0	0,634
	Покриття	0,365	12	18	-	216	32	0	32	14,9	2,523	1,175	3,698
Всього											5,817	1,469	7,286

Назва камери	Назва огородж.	Кд Вт/м2	Розміри, м			F м2	tз С	tв С	Δt С	Δtc С	Q1г кВт	Q1с кВт	Q1 кВт
			L	B	H								
Камера №3	Вс-Пн	0,45	12	-	4,8	57,6	10	3	7	0	0,181	0	0,181
Зберігання картоплі	Зс-Зх	0,4	12	-	4,8	57,6	32	3	29	10,2	0,668	0,235	0,903
	Вс-Пд	0,56	12	-	4,8	57,6	10	3	7	0	0,226	0	0,226
	Вс-Сх	0,51	12	-	4,8	57,6	-	3	17,4	0	0,511	0	0,511
	Підлога	2м)-0,47 4м)-0,23 6м)-0,12 8м)-0,07	12	12	-	144	13,0	3	10	0	0,365	0	0,365
	Покриття	0,365	12	12	-	144	32	3	29	14,9	1,524	0,783	2,307
Всього											3,475	1,018	4,493

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ							Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								

Розраховуємо теплонадходження при термічній обробці для камери охолодження №1 за формулою:

$$Q_{2n} = M_{np} \times \Delta h \times \frac{10^3}{24 \times 3600};$$

де M_{np} - добове надходження продуктів, т;

$i_{п}$ - ентальпія продукту при надходженні в камеру (додаток 10 [1]), кДж/кг;

$i_{к}$ - ентальпія продукту після холодильної обробки (додаток 10 [1]), кДж/кг;

Теплонадходження від тари Q_{2m} , кВт:

$$Q_{2m} = M_m \times c_m \times (t_1 - t_2) \times \frac{10^3}{24 \times 3600}, \text{кВт};$$

$$c_m = 2,3 \text{кДж/кг} \times K$$

де M_m - середнє добове надходження тари з продуктом (20% від маси вантажу), т/добу; c_m - питома теплоємність тари, кДж/кг×К; t_1 і t_2 - початкова та кінцева температура тари (приймаються рівними початковій та кінцевій температурі продукту), °С;

№камери	Темп. Продукту,		Час охол., год	Питома ент.продукту		$Q_{2п}$, кВт	$Q_{2т}$, кВт	Q_2 , кВт
	t_1	t_2	τ	i_1	i_2			
Збер. капусти	20	0	24	347	272	20,833	2,555	23,388
Збер. моркви	18	0	24	339,4	272	20,937	2,779	23,716
Збер. картоплі	17	3	24	335,6	283	16,437	2,012	18,449
Збер. цибулі	19	-2	24	343,2	211	30,602	2,236	32,838

7. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори

За економічність та ефективність роботи холодильної машини відповідає правильно обраний температурний режим її роботи.

При проектуванні овочесховищ потрібно враховувати, що навантаження в період збору овочів, пов'язані з їх охолодженням, значно більше, ніж при тривалому зберіганні, для якого $Q_{2\text{км}} = 0$. Теплонадходження від повітря при вентиляції Q_3 та від овочів при "диханні" Q_5 , які характерні для овочесховищ, враховуються повністю.

Навантаження на компресори від експлуатаційних теплонадходжень враховують у розмірі 50-75% максимальних значень:

$$Q_{2\text{км}} = (0,5 \div 0,75) \cdot Q_{\text{об}}$$

Визначаю навантаження на компресори з урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$$Q_{\text{ох1}} = Q_1 \cdot 0,85 = 33,184 \cdot 0,85 = 28,206 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ох2}} = Q_2 = 98,391 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ох3}} = Q_3 = 6,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ох4}} = Q_4 \cdot 0,55 = 32,197 \cdot 0,55 = 17,708 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ох5}} = Q_5 = 33,785 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ох1}} + Q_{\text{ох2}} + Q_{\text{ох3}} + Q_{\text{ох4}} + Q_{\text{ох5}}$$

$$Q_{\text{заг}} = 28,206 + 98,391 + 6,6 + 17,708 + 33,785 = 184,69 \text{ кВт}$$

Види теплопритоків	$Q_{\text{ох1}}$	$Q_{\text{ох2}}$	$Q_{\text{ох3}}$	$Q_{\text{ох4}}$	$Q_{\text{ох5}}$	$Q_{\text{заг}}$
$\Sigma Q, \text{кВт}$	28,206	98,391	6,6	17,708	33,785	184,69

при охолодженні з проміжним теплоносієм $k = 1,12$.

$$Q_0 = \frac{k \cdot \Sigma \cdot Q_{\text{заг}}}{0,9} = \frac{1,12 \cdot 184,69}{0,9} = 229,836 \text{ кВт}$$

					<i>00.КР.142.008.009.2022.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>					
<i>Реценз.</i>					ХМ 4-12ск		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>		

Для повітроохолодників та визначення діаметрів трубопроводів враховуємо максимальне навантаження без врахування коефіцієнтів.

№ камери	Збер. капусти	Збер. моркви	Збер. картоплі	Збер. цибулі	Автоплатформа	Сума теплонадходжень
Σ Q,кВт	52,266	48,545	37,215	50,161	16,27	204,457

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Мною у дипломному проекті спроектовано централізовану систему охолодження з використанням проміжного холодоносія.

Холодильним агентом прийнято для використання **R404a**, який має наступні переваги перед іншими хладонами:

- не руйнує озоновий шар (ODP = 0);
- працює у широкому діапазоні температур;
- простий в експлуатації та обслуговування;
- має більш низькі експлуатаційні витрати.

При охолодженні холодоносієм зниження температури охолоджуваної середовища досягається завдяки теплообміну між охолоджуваної середовищем і холодним холодоносієм, що циркулює в теплообмінних апаратах.

Холодоносій, у свою чергу, охолоджується у випарнику при кипінні холодильного агента. Циркуляція холодоносія через теплообмінні апарати здійснюється насосом.

Системи охолодження з проміжними холодоносіями мають такі основні переваги:

- велика акумулююча здатність;
- більш просте регулювання режимів;
- можливість застосування більш простий і повної автоматизації роботи охолоджуючої системи;
- менша небезпека у випадку аварії;
- відносно мала місткість по холодоагенту;
- відсутність витоку холодоагенту в камерах;
- можливість отримання різних температур в камерах при одній температурі кипіння.

					<i>00.KP.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Варченко А. А.</i>			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар В.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						ХМ 4-12ск		

У якості теплообмінного обладнання приймаю до встановлення **повітряні конденсатори**, які мають наступні переваги:

- застосування повітря в якості тепловідного середовища конденсаторів дозволяє різко скоротити витрати води;
- низький рівень шуму;
- немає ризику замерзання води в зимній період;
- менша капітальна вартість в порівнянні з іншими видами конденсаторів;
- можливість регулювання продуктивності конденсатора шляхом почергового відключення вентиляторів.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

Режим роботи холодильної установки характеризується температурами кипіння, конденсації, переохолодження та всмоктування.

Температура конденсації залежить від температури навколишнього середовища. Для повітряних конденсаторів температуру конденсації приймають на $10 \dots 12^\circ\text{C}$ вищу ніж $t_{нс}$.

$$t_k = t_{нс} + 10^\circ\text{C} = 42^\circ\text{C}$$

Для м. Полтава розрахункова температура навколишнього середовища складає $t_{нс} = 32^\circ\text{C}$.

Температуру кипіння при проектуванні установок з проміжним теплоносієм приймають на $5 \dots 10\text{ K}$ нижче ніж температура холодоносія.

Визначаю температуру кипіння:

$$t_0 = t_{\text{гліколю}} - 5 \dots 10^\circ\text{C}$$

Температура камери дорівнює 0°C , приймаємо що гліколь заходить у випарник з температурою $t_{\delta} = -5^\circ\text{C}$, а на виході з випарника $t_m = -3^\circ\text{C}$,

так як температура на виході не повинна перевищувати температуру в камері.

$$\text{Отже } t_0 = \frac{t_{\delta} - t_m}{\ln \frac{t_{\delta}}{t_m}} = \frac{-5 - (-3)}{\ln \frac{-5}{-3}} = -3,9^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{гліколю}} = -3,9^\circ\text{C}; t_0 = -3,9 - 6,1 = -10^\circ\text{C}$$

Будую цикл в $\lg P-h$ діаграмі для фреону R404A. Значення параметрів холодильного агенту у вузлових точках циклу зводжу до таблиці 9.1.

					<i>00.KP.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Варченко А. А.			<i>Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава</i>	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. Контр.						ХМ 4-12ск		
Затверд.		Петренко В.П.						

Таблиця 9.1

№ точки	t, °C	P, бар	v, м ³ /кг	h, кДж/кг
Температура кипіння t₀ = -10°С				
1'	-10	4,33	0,046	362,63
1	0	4,33	0,0486	371,22
2	56,45	19,05	0,0108	402,57
3'	42	19,05	0,0011	266,95
3	39	19,05	-	261,38
4	-10	19,05	0,0203	261,38
2д	62,9	19,05	0,0113	409,92

Масова витрата холодоагенту:

$$m = \frac{Q_0}{h_1 - h_4} = \frac{229,836}{362,63 - 261,38} = 2,27 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \frac{T_0}{T_k} + b \cdot t_0 = \frac{(273 + (-10))}{(273 + 42)} + 0,0025 \cdot (-10) = 0,81$$

Знаходимо ентальпію дійсної точки кінця стиснення

$$h_{2_o} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i}$$

$$h_{2_d} = 371,22 + \frac{402,57 - 371,22}{0,81} = 409,92 \text{ кДж/кг}$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності КМ знайдемо коефіцієнт подачі $\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_{w'}$.

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі для КМ:

$$\lambda_i = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \cdot \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_{\text{нагн}}}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} \right) \right]$$

$c = 0,02$ – відносний мертвий простір; $n = 1,1$ – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 4,33 = 0,0866$ бар - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{нагн}} = 0,03 \cdot P_k = 0,03 \cdot 19,05 = 0,5715$ бар - депресія на нагнітанні;

$$\lambda_i = \frac{4,33 - 0,0866}{4,33} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{19,05 + 0,5715}{4,33} \right)^{\frac{1}{1,1}} - \frac{4,33 - 0,0866}{4,33} \right] = 0,92$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_{\omega} = \frac{T_0}{T_k} = \frac{273 - 10}{273 + 42} = 0,839$$

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_{\omega} = 0,92 \cdot 0,839 = 0,768$$

Об'єм парів, які відсмоктує компресор за одиницю часу:

$$V_m = M_{км} \cdot v_1' = 2,27 \cdot 0,0486 = 0,11 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Необхідна теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_{\delta} = \frac{V_m}{\lambda} = \frac{0,11}{0,768} = 0,1436 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 517,13 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Підбираємо 2 гвинтових напівгерметичних компресори фірми Bitzer HSK8551-110-40P.

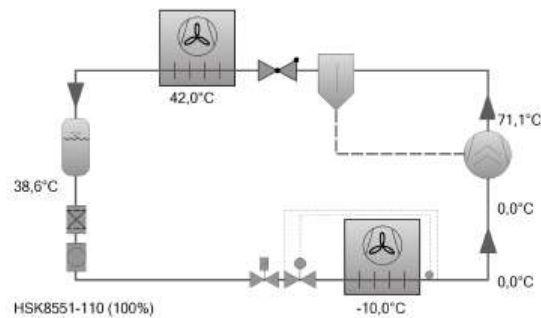
$$V_{км} = 315 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,0875 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \text{технічні характеристики подані нижче.}$$

	Варченко Анатолій
BITZER Software v6.17.7 rev2724	24.05.2022 / Все данные могут быть изменены. 1 / 6

Выбор: Полугерметичные винтовые компрессоры HS

Исходные данные

модель компрессора	HSK8551-110
Хладагент	R404A
Темп., используемая в расчете	Темп. "точки росы"
Тиспарения SST	-10,00 °C
Тконденсации SCT	42,0 °C
Переохл-е (в конденсаторе)	3,00 K
Перегрев всасыв. паров	10,00 K
Режим эксплуатации	Стандарт
Энергоснабжение	400V-3-50Hz
Полезный перегрев	100%
Дополнит. охлаждение	Автоматически
Макс. темп. нагнетания	80,0 °C



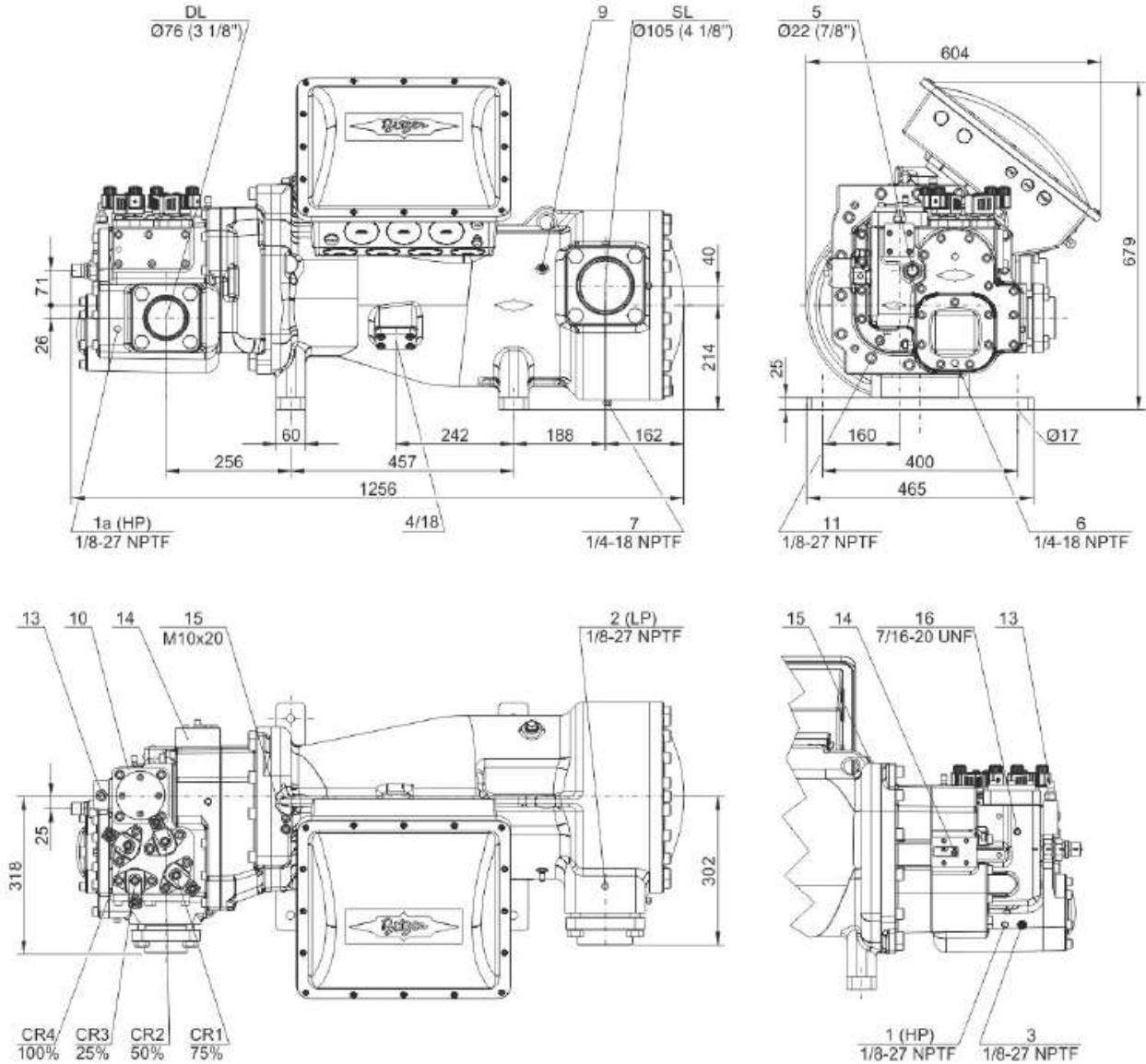
Результат

Компрессор	HSK8551-110-40P
Ступени регулирования производительности	100%
Холодопроизвод-сть	180,8 kW
Холодопроизвод-сть*	172,7 kW
Произв-сть испарителя	180,8 kW
Потребл. мощность	79,6 kW
Ток (400V)	132,9 A
Напряжения питания	380-415V
Производительность конденсатора	260 kW
СОР/КПД	2,27
СОР/КПД *	2,17
Массов. расход LP	5829 kg/h
Массов. расход HP	5829 kg/h
Режим эксплуатации	Стандарт
Темп. жидкости	38,6 °C
Объемн. расход масла	2,35 м³/h
Способ охлаждения	--
Температура нагнетания без охлаждения	71,1 °C



Технические данные: HSK8551-110

Размеры и соединения



Технические данные

Технические параметры

Объемная произв-сть (2900об/мин 50 Гц)	315 м³/h
Объемная произв-сть (3500об/мин 60 Гц)	380 м³/h
Вес	565 kg
Макс. избыточное давление (НД/ВД)	19 / 28 bar
Присоединение линии всасывания	DN 100
Присоединение линии нагнетания	76 mm - 3 1/8"
Адаптер/запорный вентиль для ECO	28 mm - 1 1/8" (Option)
Адаптер для впрыскивания жидкости	22 mm - 7/8" (Option)
Тип масла для R22	B150SH, B100 (Option)
Тип масла для R134a/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE170
Тип масла для R448A/R449A/R454C	BSE170

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

Дійсний масова витрата холодоагенту для компресора становить:

$$M_{км} = \lambda \cdot \frac{V_{км}}{v_1} = 0,768 \cdot \frac{0,0875 \cdot 2}{0,0486} = 2,765 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодопродуктивність

$$Q_o = M_{км} \cdot q_o = M_{км} \cdot (h_1 - h_4) = 2,765 \cdot (362,63 - 261,38) = 280 \text{ кВт}$$

Теоретична адіабатна потужність стискування:

$$N_T = M_d \cdot (h_{2д} - h_1) = 2,765 \cdot (409,92 - 362,63) = 130,76 \text{ кВт}$$

Дійсна індикаторна потужність:

$$N_d = \frac{N_T}{\eta_i} = \frac{130,76}{0,81} = 161,428 \text{ кВт}$$

Визначаємо потужність, яку споживає електродвигун :

$$N_{ел} = \frac{N_d}{\eta_{ел} \cdot \eta_{мех}}, \text{ кВт.}$$

$$N_{ел} = \frac{161,428}{0,95 \cdot 0,9} = 188,8 \text{ кВт}$$

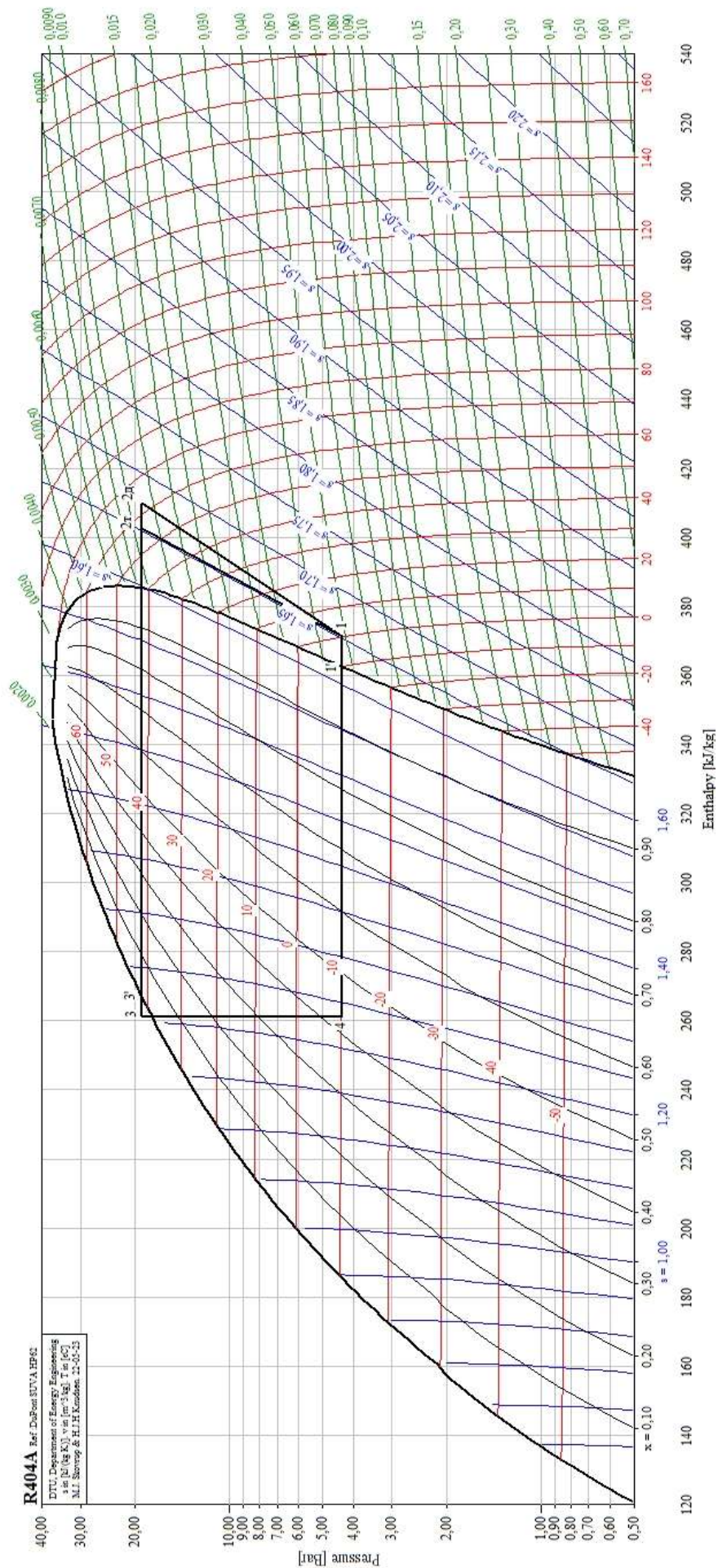
Холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon = \frac{Q_d}{(h_{2д} - h_1) \cdot M_d} = \frac{280}{2,765 \cdot (409,92 - 362,63)} = 2,14$$

Знаходжу реальне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = Q_d + N_d = 280 + 161,428 = 441,428 \text{ кВт}$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

00.KP.142.008.009.2022.ПЗ

Лист

10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор).

Розрахунок і вибір конденсатора

Розраховую теплообмінну площу поверхні конденсатора:

$$k_k = 75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} - \text{коефіцієнт теплопередачі для повітряного конденсатора};$$

Загальне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{заг.кд}} = 441,428 \text{ кВт};$$

Розбиваємо загальне навантаження для підбору двох конденсаторів:

$$Q_{\text{кд}} = \frac{Q_{\text{заг.кд}}}{2} = \frac{441,428}{2} = 220,714 \text{ кВт};$$

Середньологарифмічну різницю температур:

$$\theta_{\text{ср}} = 8 \dots 12^\circ\text{C}$$

Приймаю: $\theta_{\text{ср}} = 9^\circ\text{C}$

$$F_{\text{кр}} = \frac{Q_{\text{кд}}}{k_k \cdot \theta_{\text{ср}}} = \frac{220,714}{9 \cdot 0,075} = 327 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 повітряні конденсатори фірми Alfa Laval серія Alfa Green ACS803A.

Технічні характеристики:

Ø 800

Модель	Мощность		Расход воздуха		Lp		Двигатель (3/400В-50 Гц)		Вентиляторы	Площадь поверхности	Внутренний объем труб	Размеры			Входной патрубков	Выходной патрубков	Вес	Кол-во опор для горизонтальной установки						
	кВт		м³/ч		дБ(А)							NxD [мм]	м²	дм³					мм	мм	мм	мм	мм	кг
	i	Y	i	Y	i	Y	i	Y																
ACS802A	96,7	83,8	42400	32500	54	47			2x800	238,7	21	3097	2620	-	48	42	303	4						
ACS802B	123,4	103,7	38500	29900	54	47			2x800	358	31,3	3097	2620	-	54	42	336	4						
ACS802C	137,0	111,3	37000	27600	54	47			2x800	477,4	42	3097	2620	-	54	42	368	4						
ACS803A	149,4	130,3	63600	48900	56	49			3x800	360,3	31,6	4407	3930	-	54	42	427	4						
ACS803B	186,1	156,3	59400	44900	56	49			3x800	540,5	47,4	4407	3930	-	60	48	475	4						
ACS803C	206,5	167,8	55600	41600	56	49			3x800	720,7	63	4407	3930	-	60	48	523	4						
ACS804A	194,9	169,0	84900	65300	57	50			4x800	482	42	5717	5240	2620	54	42	553	6						
ACS804B	241,5	202,1	79200	59900	57	50			4x800	723	63,4	5717	5240	2620	60	48	617	6						
ACS804C	272,1	223,4	74300	55500	57	50			4x800	964	84,5	5717	5240	2620	60	48	681	6						
ACS805A	249,5	216,7	106200	81600	58	51			5x800	603,7	53	7027	6550	2620	54	42	679	8						
ACS805B	309,4	259,1	99100	75000	58	51			5x800	905,5	79	7027	6550	2620	60	48	760	8						
ACS805C	342,5	277,9	92900	69500	58	51			5x800	1207,4	106	7027	6550	2620	76	54	843	8						

00.KP.142.008.009.2022.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава		
Перевір.		Бондар В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Лит.	Лист.	Листів
					ХМ 4-12ск		

Розрахунок випарника для охолодження проміжного холодоносія:

Для камер зберігання $\theta_m = -3,9^\circ\text{C}$.

Розрахункові значення коефіцієнта теплопередачі: $k_H = 545 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Необхідна площа поверхні визначаємо за формулою:

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m}$$

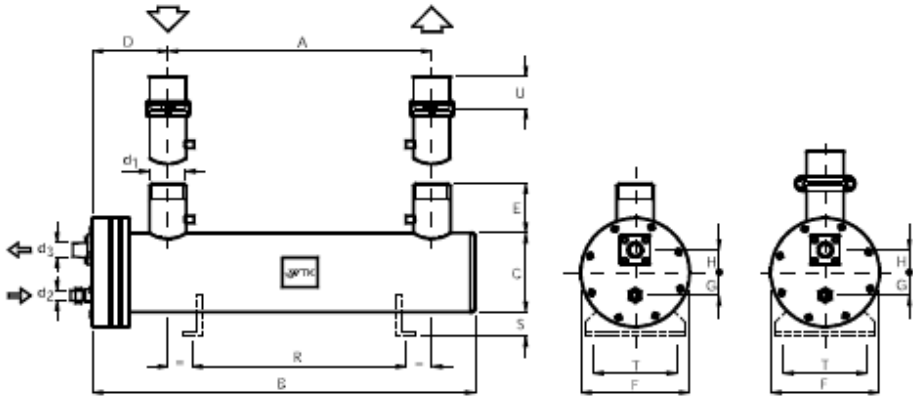
де $\Sigma Q_{\text{обл}}$ - теплове навантаження на камерне обладнання.

Розрахую площу випарника:

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m} = \frac{229836}{545 \cdot 3,9} = 108,13 \text{ м}^2$$

До встановлення приймаю кожухотрубний випарник фірми WTK серії SCE 243.

Технічні характеристики наведено нижче.



MODEL - MODELLO - MODELL - MODELE		SCE 133	SCE 143	SCE 163	SCE 203	SCE 243	
NOMINAL DATA DATI NOMINALI NENNDATEN DONNEES NOMINALES	Q_e	kW	134	141	161	203	241
		US Tons	38,1	40,1	45,8	57,7	68,5
	M_n	m ³ /h	23	24,2	27,6	34,8	41,4
	Δp_n	kPa	72	44	46	41	44
DIMENSIONS DIMENSIONI ABMESSUNGEN DIMENSIONS	M_m	m ³ /h	26,8	28,7	33,2	42,7	47,2
	A	mm	1530	1830	2030	2000	2300
	B	mm	1810	2110	2310	2315	2615
	C	mm	194	194	194	219	219
	D	mm	175	175	175	195	195
	E	mm	130	130	130	150	150
	F	mm	270	270	270	310	310
	G	mm	50	50	50	55	55
	H	mm	45	45	45	46	46
	R	mm	1200	1500	1700	1600	1800
	S	mm	60	60	60	80	80
	T	mm	160	160	160	260	260
CONNECTIONS - ATTACCHI ANSCHLUSSE - RACCORDS ODS	U	mm	100	100	100	100	100
	d1	BSP/mm	3"	3"	3"	114,3	114,3
	d2	mm	35,3	35,3	35,3	35,3	35,3
VOLUME - VOLUME VOLUMEN - VOLUME	d3	mm	54,4	54,4	54,4	64,4	64,4
	Vr	dm ³	14	16,5	18,1	24,2	27,4
	Vw	dm ³	29,2	34,2	37,8	48,3	54,8

11. Розрахунок та підбір теплообмінного обладнання холодильних камер (повітроохолодників)

В камерах овочесховища встановлюємо підвісні повітроохолодники. Для камер зберігання $\theta_m = -3,9^\circ\text{C}$

Коефіцієнт теплопередачі: $k_H = 30 \div 40 \text{ (м}^2/\text{К)}$;

$$k_H = 35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Необхідна теплообмінна площа поверхні знаходжу за формулою:

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m}$$

де $\Sigma Q_{\text{обл}}$ - теплове навантаження на камерне обладнання.

Розраховую площу повітроохолодників камери №1 (зберігання капусти):

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m} = \frac{52266}{35 \cdot 3,9} = 382,9 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 повітроохолодники фірми Gea Kuba 63-F81. Площа поверхні теплопередачі кожного складає 198 м^2 .

Розраховую площу повітроохолодників камери №2 (зберігання моркви):

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m} = \frac{48545}{35 \cdot 3,9} = 355,64 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 повітроохолодники фірми Gea Kuba 80-F41. Площа поверхні теплопередачі кожного складає 179 м^2 .

Розраховую площу повітроохолодників камери №3 (зберігання картоплі):

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m} = \frac{37215}{35 \cdot 3,9} = 272,64 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 повітроохолодники фірми Gea Kuba 56-F81. Площа поверхні теплопередачі кожного складає 146 м^2 .

Розраховую площу повітроохолодників камери №4 (зберігання цибулі):

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m} = \frac{50161}{35 \cdot 3,9} = 367,5 \text{ м}^2$$

					<i>00.KP.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.						ХМ 4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Приймаю 2 повітроохолодники фірми Gea Kuba 63-F81. Площа поверхні теплопередачі кожного складає 198 м².

Розрахуно площу повітроохолодників для автоплатформи:

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_n \cdot \theta_m} = \frac{16270}{35 \cdot 3,9} = 119,2 \text{ м}^2$$

Приймаю 2 повітроохолодники фірми Gea Kuba 56-F41. Площа поверхні теплопередачі кожного складає 73 м².

Характеристики обраних повітроохолодників наведено нижче.

SGA(E)-F

Model	Rating Q _s at 50 Hz		Surface	Air flow		Air throw		Tube volume	Connections			Per Fan 400 ± 10% V-3 – 50Hz (operating values at 50 Hz)		
	t _o ± 0 °C D71 – BK	t _o -18 °C D11 – 7K		m ²	m ³ /h	m	m		Inlet	Outlet	Blade			
SGA(E)	kW	kW	m ²	m ³ /h	m	m	dm ³	Ø mm	Ø mm	Ø mm	min ⁻¹	W	A	
50-F41	9,8	7,9	55	5900	23	15	9	10	28	500	1390	657	1,32	
50-F61	12,2	9,8	82	5400	23	15	13	10	28	500	1390	657	1,32	
56-F41	12,5	10,1	73	7200	28	18	12	10	28	560	1338	813	1,78	
56-F61	15,7	12,5	110	6750	28	18	17	15	35	560	1338	813	1,78	
56-F81	17,6	14,1	146	6300	28	18	23	15	35	560	1338	813	1,78	
63-F41	15,5	12,3	99	8010	33	21	16	15	28	630	919	539	1,38	
63-F61	19,2	15,3	148	7650	33	21	23	22	35	630	919	539	1,38	
63-F81	21,1	16,7	198	7020	33	21	31	22	35	630	919	539	1,38	
71-F41	23,1	18,5	154	11700	43	26	24	15	35	710	940	1140	2,39	
71-F61	28,3	22,6	231	11000	43	26	36	22	35	710	940	1140	2,39	
71-F81	31,6	25,2	308	10400	43	26	48	22	42	710	940	1140	2,39	
80-F41	31,8	25,5	179	18450	48	-	28	15	42	800	940	1630	3,46	
80-F61	39,5	31,5	269	17460	48	-	42	22	42	800	940	1630	3,46	
80-F81	44,0	35,1	359	16200	48	-	56	22	42	800	940	1630	3,46	

12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

12.1. Розрахунок розширювального бака

Вихідні дані для розрахунку:

- найнижча робоча температура холодоносія: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- щільність холодоносія при $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ρ_{max} : 1036 кг/м^3 ;
- найвища температура холодоносія (при зупинці системи): $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- щільність холодоносія при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ρ_{min} : 1030 кг/м^3 ;

Висота рідинного стовпа над розширювальним баком становить:

$$h = 5\text{ (м)}.$$

1) Визначаю об'єм глікольної системи:

$$V_{\text{сис}} = \sum V_{\text{тр}} + \sum V_{\text{ПО}}$$

$V_{\text{тр}}$ – об'єм трубопроводу гліколю;

$V_{\text{ПО}}$ – об'єм повітроохолодників.

$$\Sigma V_{\text{тр}} = 1,095\text{ м}^3$$

$$\Sigma V_{\text{ПО}} = 0,0505 \cdot 6 + 0,0617 \cdot 2 + 0,0291 \cdot 2 = 0,4846\text{ м}^3$$

$$V_{\text{сис}} = 1,095 + 0,4846 = 1,5796\text{ м}^3$$

2) Визначаю початковий тиск в ємності:

$$P_{\text{поч}} = \rho_{\text{max}} \cdot g \cdot h + P_n = 1036 \cdot 9,81 \cdot 5 + 50000 = 101\text{кПа} = 1,01\text{ бар}$$

де P_n - поправка на різку зміну тиску.

3) Визначаю тиск спрацьовування запобіжного клапана:

$$P_c = P_{\text{поч}} + P_{\text{зап}} = 1,01 + 2 = 3,01\text{ бар}$$

де $P_{\text{зап}}$ - запас по тиску розширення.

4) Визначаємо відносний об'єм розширювального бака:

$$V_B = \frac{((P_c + 1) - (P_{\text{поч}} + 1))}{P_c + 1} = \frac{((3,01 + 1) - (1,01 + 1))}{3,01 + 1} = 0,499\text{ м}^3$$

					<i>00.KP.142.008.009.2022.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.				ХМ 4-12ск		

13. Визначення діаметрів трубопроводів та гідравлічних втрат у трубопроводах

13.1 Розрахунок діаметрів трубопроводів

Внутрішній діаметр круглої труби визначається за формулою:

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

де M – масова витрата холодоагенту кг/с; ρ – густина холодоагенту, кг/м³; ω – середня швидкість холодоагенту в перерізі (для лінії нагнітання приймають 10-18, для лінії всмоктування 8-12), м/с.

Масова витрата холодоагенту через компресор:

$$M_{\text{км}} = 2,765 \text{ кг/с}$$

1) Визначаємо діаметр загального всмоктувального трубопроводу компресорів:

$$\rho = \frac{1}{v_1} = \frac{1}{0,046} = 21,74 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,765}{\pi \cdot 21,74 \cdot 12}} = 0,116 \text{ м}$$

Приймаю мідну трубу з внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}} = 133 \times 3 \text{ мм}$.

2) Визначаємо діаметр загального нагнітального трубопроводу компресорів:

$$\rho = \frac{1}{v_2} = \frac{1}{0,0113} = 88,49 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,765}{\pi \cdot 88,49 \cdot 14}} = 0,053 \text{ м}$$

Приймаю мідну трубу з внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}} = 64 \times 2 \text{ мм}$.

3) Визначаємо всмоктувальний трубопровід для кожного компресора:

$$M = \frac{M_{\text{км}}}{2} = \frac{2,765}{2} = 1,3825 \text{ кг/с}$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава		
Перевір.		Бондар В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					
					Літ.	Лист.	Листів
					ХМ 4-12ск		

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3825}{\pi \cdot 21,74 \cdot 12}} = 0,082 \text{ м}$$

Приймаю мідну трубу з внутрішнім діаметром $d_{BH} = 88,9 \times 2 \text{ мм}$.

- 4) Визначаємо нагнітальний трубопровід для кожного компресора:

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3825}{\pi \cdot 88,49 \cdot 14}} = 0,0377 \text{ м}$$

Приймаю мідну трубу з внутрішнім діаметром $d_{BH} = 42 \times 1,5 \text{ мм}$.

- 5) Визначаємо трубопровід рідинної лінії:

$$\rho = \frac{1}{v_{3t}} = \frac{1}{0,0011} = 909,1 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,765}{\pi \cdot 909,1 \cdot 1,25}} = 0,0556 \text{ м}$$

Приймаю мідну трубу з внутрішнім діаметром $d_{BH} = 64 \times 2 \text{ мм}$.

13.2. Розрахунок діаметрів трубопроводів для пропілен-гліколя

Для проведення розрахунку складаємо плоску схему пропілен-гліколевих трубопроводів (рис.1) і розбиваємо її на відрізки.

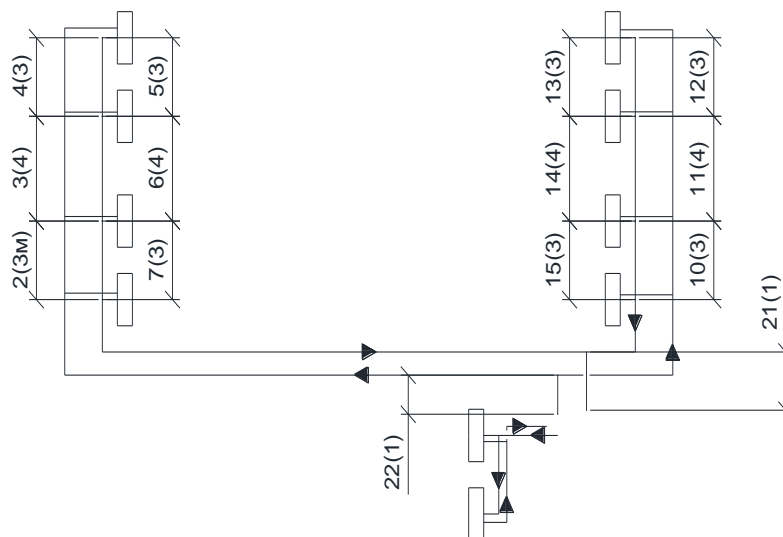


Рис.1 Розрахункова схема трубопроводів для пропілен-гліколю

Визначаємо діаметри трубопроводів на кожному відрізку магістралі:

$$V = \frac{Q_{\text{випарників}}}{\rho_p \cdot c_p \cdot \Delta t_p} = \frac{229,836}{1036 \cdot 3,8 \cdot 3} = 0,0195 \text{ м}^3/\text{с}$$

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно визначаю втрати тиску на інших відрізках. Результати розрахунків зводжу до табл.13.1.

Таблиця 13. 1. Втрати тиску в трубопроводах

№	$V,$ $м^3 / с$	$d_{вн},$ $м$	$l,$ $м$	$\omega,$ $м / с$	$\frac{\rho\omega^2}{2},$ $Па$	Re	$\lambda_{мп}$	$R,$ $Па / м$	$Rl,$ $кПа$	$Z,$ $кПа$	$\Delta p,$ $кПа$
1	0,0195	0,135	32	1,36	958,09	54346,6	0,029	205,8	6585,6	12,455	19,04
2	0,0235	0,141	3	1,53	1213	63856	0,151	1299	3,897	7,278	11,175
3	0,0213	0,135	4	1,5	1166	59940	0,153	1321	5,284	6,996	12,28
4	0,0191	0,127	3	1,58	1293	59395	0,155	1578	4,734	7,758	12,492
5	0,0191	0,127	3	1,58	1293	59395	0,155	1578	4,734	7,758	12,492
6	0,0213	0,135	4	1,5	1166	59940	0,153	1321	5,284	6,996	12,28
7	0,0235	0,141	3	1,53	1213	63856	0,151	1299	3,897	7,278	11,175
8	0,0257	0,147	45	1,48	1135	64398	0,149	1150	51,8	15,89	67,69
9	0,02856	0,156	4	1,53	1213	70649	0,147	1143	4,572	16,982	21,554
10	0,02636	0,150	3	1,5	1166	66600	0,149	1158	3,474	6,996	10,47
11	0,02416	0,143	4	1,51	1181	63915	0,15	1239	4,956	7,086	12,042

Втрати тиску до самого дальнього повітроохолодника від насосної станції в циркуляційному кільці:

$$\Delta P = \sum (Rl + Z) = 202,69 \text{ кПа}$$

14. Вибір насосів

Основними параметрами для підбору є об'ємна подача та напір – здатність насоса «продавити» необхідну продуктивність через гідравлічний супротив системи. Також важливо розуміти тип рідини, яку перекачуємо, а також її температуру.

Обираю насос для подачі пропилен-гліколю від кожухотрубного випарника до повітроохолодників.

Тиск у замкнутій циркуляційній системі зрівноважений $h_n = h_{ec}$, тому напір насоса витрачається лише на проходження опорів тертя в системі трубопроводів і в місцевих опорах. Розраховую необхідний напір насосу:

$$H = \frac{\sum \Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{202,69}{1036 \cdot 9,81} = 19,94 \text{ м}$$

Приймаю два насоси *Wilo TOP-S 80/20* (один робочий та один запасний).

Таблиця 14.1. Технічні характеристики насосів

Витрата до	76 м ³ /год
Напір до	20 м
Номинальний внутрішній діаметр фланця	DN 80
Робочий тиск	6 бар
Допустимий діапазон температур	Від -20 ⁰ С до +130 ⁰ С

Витрата:

$$V = \frac{Q_{\text{випарників}}}{\rho_p \cdot c_p \cdot \Delta t_p} = \frac{229,836}{1036 \cdot 3,8 \cdot 3} = 0,02 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 72 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$



					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава ХМ 4-12ск		
Перевір.		Бондар В.І.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					

15. Техніко-економічний розрахунок

Економічний розрахунок необхідний для визначення вартості будівництва овочесховища, вартості запроектованого холодильного обладнання, витрат, які пов'язані з експлуатацією – кількість спожитої електроенергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників економічної ефективності проекту овочесховища у м. Полтава.

15.1. Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням:
Кількість спожитої за рік електроенергії розраховуються за формулою:

$$P_{річн} = P_{ел} \times n$$

де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при стандартних робочих умовах, год. Приймаю, що час роботи до сервісного обслуговування складає 4500 год (час електровідтайки протягом доби приблизно 15 хв=90год/рік).

Отримані дані заносимо до таблиці 15.1

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава					
Перевір.		Бондар В.І.						Літ.	Лист.	Листів
Реценз.										
Н. Контр.								ХМ 4-12ск		
Затверд.		Петренко В.П.								

Таблиця 15.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-сть	Р _{ел} , кВт	Σ Р _{ел} , кВт	Р _{річн} , тис. кВт·год
1	Bitzer HSK8551-110-40P	2	94,4	188,8	846
2	Насос Wilo TOP-S 80/20	2	2,2	4,4	8,04
3	Вентилятори повітроохолодників:				
	Gea Kuba 63-F81	4	0,54	2,16	9,72
	Gea Kuba 80-F41	2	1,63	3,26	14,67
	Gea Kuba 56-F81	2	0,813	1,626	7,317
	Gea Kuba 56-F41	2	0,813	1,626	7,317
4	Електровідтайка:				
	Gea Kuba 63-F81	4	1,38	2,76	0,497
	Gea Kuba 80-F41	2	3,46	6,92	0,623
	Gea Kuba 56-F81	2	1,78	3,56	0,32
	Gea Kuba 56-F41	2	1,78	3,56	0,32
Річна витрата електроенергії					894,824

15.2. Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання:

Витрати на монтаж зазвичай приймають на рівні 10% від вартості обладнання.

Інші витрати складають до 2% від вартості обладнання.

Отримані дані зводжу до таблиці 15.2

Таблиця 15.2

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн				Загальні витрати, тис. грн
		Ціна за одиницю	Разом	Монтаж	Інші витрати	
Bitzer HSK8551-110-40P	2	378	756	70	7	833
Насос Wilo TOP-S 80/20	2	25,5	51	10	2	63
Gea Kuba 63-F81	4	37	148	15	3	166
Gea Kuba 80-F41	2	42	84	10	2	96

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15.4. Визначення амортизаційних відрахувань:

Приймаю норму амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \cdot 0,22 = 2139 \cdot 0,22 = 470,58 \text{ тис. грн.}$$

15.5. Визначення інших видів витрат

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

$$B_{рем} = A_{обл} \cdot 0,2 = 470,58 \cdot 0,2 = 94,116 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{пуск} = B_{обл} \cdot 0,02 = 2139 \cdot 0,02 = 42,78 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{ін} = A_{обл} \cdot 0,03 = 470,58 \cdot 0,03 = 14,12 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = B_{рем} + B_{пуск} + B_{ін} = 94,116 + 42,78 + 14,12 = 151,016 \text{ тис. грн}$$

Результати розрахунків проведених зводжу у порівняльну таблицю для визначення собівартості одиниці виробленого холоду:

Таблиця 15.4

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
Електроенергія	2863,437
Мастило	33,75
Холодильний агент R404a	64,5
Оплата праці	528
Амортизація	470,58
Інші витрати	151,016
Разом	4111,283

Кількість виробленого холоду за рік:

$$22 \cdot 270 \cdot 228,836 = 1359285,84 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Собівартість холоду:

$$\Delta C = \frac{4111,283 \text{ тис. грн}}{1359285,84} = 3,02 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16.Охорона праці

Вступ

Овочесховище з розрахунковою місткістю 1000 т. у м. Полтава проектується із застосуванням найсучаснішого холодильного устаткування з найвищим рівнем автоматизації. В якості будівельних конструкцій та ізоляції даного овочесховища використано сендвіч-панелі з утеплювачем пінополеуретан. Фреонова холодильна установка працює 18 годин на добу, її робота являється джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал, який її обслуговує. Кімната механіка, пункт управління та контролю компресорного цеху розташовані в приміщенні машинного відділення.

Шкідливі виробничі фактори:

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

Небезпечні виробничі фактори:

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

Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання

Розміщення устаткування повинні відповідати вимогам нормативної документації, яка дозволена в галузі.

Приміщення машинного відділення розташоване в приміщенні, яке прибудоване до холодильника.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Варченко А. А.			Проект овочесховища місткістю 1000 тон у м. Полтава		
<i>Перевір.</i>		Бондар В.І.					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Петренко В.П.					
					<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
					ХМ 4-12ск		

Огороджуючі конструкції (сендвіч-панелі) машинного відділення (площа 72 м²) мають легко скидні елементи (вікна, двері та ін.) 0,03 м² на 1 м³ об'єму будівлі. Вікна – однорядні із застосуванням звичайного скла. Над та під машинним відділенням не має приміщень з постійними робочими місцями, а також побутових та допоміжних приміщень.

З машинного відділення є один вихід назовні. Двері відчиняються у бік виходу. Висота машинного відділення до низу несучих конструкцій покриття 4,8 м. Висота підвіконь - 1,2 м.

В машинному відділенні встановлено 2 гвинтових напівгерметичних компресорів Bitzer HSK8551-110-40P, а також лінійний ресивер та випарник.

Підлога даного відділення є рівною, неслизькою. Непрохідні канали та люки зачиняються під рівень з підлогою з'ємними металевими рифленими листами. Стіни та стеля машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими нормативами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

Для обслуговування конденсатора (розташований ззовні приміщення машинного відділення), встановлено майданчик з огорожею та драбинами з обох сторін. Майданчик та драбини мають поручні, висотою 1,1 м. Відстань між стійками поручнів складає 0,7 м.

Мікроклімат

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99. “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень” в ПУ повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт легка-Ia, що приведені в табл.16.1, а в машинному відділенні – допустимі параметри для категорій робіт середньої важкості-IIa – табл.16.1.

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 16.1. Санітарні норми мікроклімату ПУ

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

Таблиця 16.2. Санітарні норми мікроклімату машинного відділення

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Верхня межа	Нижня межа		
Холодний ($t_3 < 10^0\text{C}$)	24	15	≤ 75	$\leq 0,3$
Теплий ($t_3 \geq 10^0\text{C}$)	29	17	65 (при 26^0C)	0,2-0,4

Досягнення цих параметрів забезпечується загальною обмінною механічною припливно-витяжною вентиляцією в теплий період року, з підігрівом повітря в холодний період року. В машинному відділенні передбачено системи повітряного опалення, суміщені з припливною вентиляцією, без рециркуляції повітря, кратність повітрообміну за годину: приток – 2 обсяги, витяжка – із перевищенням притоку на 1 обсяг. Повітря видаляється в атмосферу без очищення. Побутові приміщення при машинному відділенні мають окрему від машинного відділення систему вентиляції.

Шум і вібрація

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресори та їх двигуни, а також рух холодильного агента по трубопроводах з великою швидкістю.

					00.KP.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні, що не перевищує норм, які приведені у ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”, складає 78...82дБ, в ПУ—50...55 дБ.

Для зниження шуму в ПУ застосовують додаткову звукоізоляцію стін.

Загальна технологічна вібрація не перевищує гранично допустимого значення — 92 дБ (ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. “Вибрационная безопасность. Общие требования” ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації).

Компресори встановлені на спеціальних фундаментних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі машинного відділення. Для зменшення впливу вібрації, що викликається роботою компресорів, додержуються таких умов: трубопроводи, що приєднуються до машини, не жорстко кріпляться до конструкцій будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсаційні пристрої; трубопроводи, що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

Освітлення

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

На підприємстві у компресорному цеху прийнято бічне природне двостороннє освітлення, при якому нормується мінімальне значення (КПО = 0,2 %) та загальне штучне освітлення – світильники з люмінесцентними лампами напругою 220В пілозахисні. Для компресорного цеху при загальному спостереженні за ходом роботи, при постійному перебуванні людей та розряді зорової роботи VIII₆ освітленість становить 50 лк.

Для пульта керування прийнято загальне штучне освітлення - 100 лк.

Для живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання застосовується напруга 12 В.

Аварійне і ремонтне освітлення машинного відділення мають аварійне освітлення від незалежного джерела (акумуляторні батареї). Воно автоматично

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включається при відключенні робочого освітлення.

Техніка безпеки

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

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

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

по експлуатації холодильних установок – для машиністів;

по автоматизації холодильних установок – для слюсарів по КВП і автоматиці .

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця, в результаті якого вони освоюють обслуговування конкретної установки і підтримання нормальних режимів її роботи, і відповідної перевірки знань.

Стажування проводять досвідчені наставники. Допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

Інструктаж по охороні праці обов'язковий для всіх, хто поступив на роботу і працюючих, не залежно від їх стажу і кваліфікації.

Періодичну перевірку знань персоналом інструкцій обслуговування холодильної установки, техніці безпеки, експлуатації обладнання і практичним діям надання долікарської допомоги проводять не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів по холодильній техніці, електротехніці, приладах автоматики і техніці безпеки.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірку знань з техніки безпеки у керуючих і інженерно-технічних робітників здійснюють у відповідності з «Положенням про порядок перевірки знань правил і норм по охороні праці керуючих, інженерно-технічних робітників і спеціалістів».

Інструкції доведені до персоналу, що обслуговує холодильну установку (під розписку), і вивішені на видному місці:

- експлуатації холодильної системи (охлажденного обладнання);
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання долікарської допомоги при виникненні аварійної ситуації і т. д.);
- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувальних ремонтів;
- схеми хладонових, рідинних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою (у них і відповідно в натурі) запірною арматурою і приладами автоматики (затверджені головним інженером);
- покажчики перебування засобів індивідуального захисту;
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

Для надання до лікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка, в якій міститься: 1% р-н новокаїну; кодеїн; марлеві салфетки; етиловий спирт; бинти; вата; мазь Вишневського; йод.

Контрольно-вимірювальні прилади

Для візуальних покажчиків рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовуються плоске оглядове скло. Для автоматичного контролю за рівнем використовують напівпровідникові реле рівня типу ПРУ-5М.

Для спостереження за робочими тисками всмоктування на всмоктувальній магістралі кожного компресора встановлено 5-ть манометрів МП-4, тисків нагнітання – 5-ть манометрів МТ-250 на нагнітальних трубопроводах компресорів, підвідна трубка до яких приєднується за зворотнім клапаном (по ходу парів).

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На всіх посудинах встановлено манометри: на конденсаторах, лінійних ресиверах по 2 манометри МТ-250.

Електробезпека

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

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

Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві:

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

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

3. Заземлення електричного обладнання.

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

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

6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.

7. Планово-попереджувальні роботи.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовуються стрижневі блискавковідводи, які встановлено на даху

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

машинного відділення, згідно РД 34.21.122.-87 “Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений”.

Пожежо- та вибухобезпека

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

У відповідності із СНИП 2.11.02-87 “Холодильники” машинне відділення за вибухо-пожежонебезпекою відноситься до категорії Д, згідно ОНТП 24-86, або до пожежонебезпечної зони—класу П-І, згідно ПУЕ.

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

Система запобігання пожежі передбачає:

- наявність огорожуючи конструкцій будівлі машинного відділення, легко скидних елементів (вікна, двері);
- аварійну витяжну вентиляція;
- світлозвукову сигналізацію, табло над входом у машинне відділення;
- надійне приєднання провідників від обладнання до контуру заземлення без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень.

Система пожежного захисту включає:

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

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

- 1) Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.
- 2) Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / под ред. Н.Н. Кошкина Л.: Машиностроение, 1976 – 464 с.
- 3) Сакур И.А. «Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин» - Л.: Машиностроение, 1987 – 423с.
- 4) Холодильные компрессоры: Справочник / под ред. Быкрва. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 – 224с.
- 5) Константинов М.И. Проектирование холодильных машин и установок
- 6) Вейнберг Б.С. Поршневые компрессоры холодильных машин. М.: Машиностроение, 1965 – 355с.
- 7) Данилова Г.Н., Богданов С.Н. и др.; под общей ред. Д-ра техн. Наук Г.Н. Даниловой «Теплообменные аппараты холодильных установок – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1986 – 303 с.
- 8) Резенфельд Л.М. и Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госториздат, 1960.
- 9) Тимофеевский Л.С. Холодильные машины – СПб.: Политехника, 1997 – 992с.
- 10) Чумак И.Г. и др. Холодильные установки – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981 – 344с.

					00.КР.142.008.009.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		