

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

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

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Сергій Блаженко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин Петренко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

Холодильні техніка та технологія

на тему: Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у місті Київ з оптимізацією схеми холодопостачання

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-8М

Колісніченко Богдан Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Бондар Володимир Іванович

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

\_\_\_\_\_  
(підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2024 р.

# 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**

Валентин ПЕТРЕНКО

“20” листопада 2023 року

## **З А В Д А Н Н Я**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Колісніченко Богдан Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у місті Київ з оптимізацією схеми холодопостачання

керівник роботи доц. к.т.н., Бондар В.І.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 20.11.2023 року № 940-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2024 року

3. Вихідні дані до роботи розрахувати камери для консервного заводу у м. Київ, сировина (заморожене м'ясо яловичина, свинина та баранина) та готова продукція – консерви, провести варіативні розрахунки робочих параметрів холодильної установки

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

Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції на підприємстві, 2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції, 3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень, 4. Визначення основних розмірів та планування холодильника, 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника, 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень, 7. Визначення теплового навантаження на обладнання камер та компресор, 8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки, 9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини, 10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор), 11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер, 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання, 13. Визначення гідравлічного опору, 14. Вибір насосів та вентиляторів, 15. Варіативні розрахунки робочих параметрів холодильної установки, 16. Розрахунок техніко-економічних показників, 17. Розрахунок техніко-економічних показників, 18. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу



## Анотація

В даній роботі запропоновано проєкт холодильника консервного заводу місткістю 2000т.

Холодильник призначений для зберігання замороженої сировини (яловичина, свинина та баранина) та готової продукції - консервів. Для сировини передбачено 2 камери, а для консервів - 3 камери, які оптимально розташовані з метою зменшення площі зовнішніх стін та мінімізації периметру холодильного контуру.

Усі камери мають вихід у вантажний тамбур, що забезпечує зручний доступ до експедиції та транспортних платформ. Для теплоізоляції холодильних камер використовується теплоізоляційний матеріал – поліуретан (ППУ).

Розрахунки теплових надходжень до холодильних камер визначають основне та допоміжне обладнання, призначене для забезпечення оптимальної ефективності та мінімізації електроенергії під час роботи холодильної установки.

Особливу увагу приділено вибору сучасного холодильного обладнання від компанії GEA Grasso з метою досягнення максимальної ефективності при мінімальних капітальних та експлуатаційних витратах. Система охолодження реалізована за допомогою аміачної безпосередньої технології, використовуючи сучасні компресори та теплообмінне обладнання.

**Ключові слова:** проєкт консервного заводу, безпосереднє охолодження, аміак, R717, природні холодоагенти, низький GWP, нульовий ODP.

					<b>00.MP.142.003.014.ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проєкт холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у місті Київ з оптимізацією схеми холодопостачання	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Колісниченко Б.Р.					4	
Керівник		Бондар В.І.						
Консультант								
Рецензент								
Затвердив		Петренко В.П.						НУХТ, ТЕХТ, ХМ-2-8М

## ABSTRACT

This work proposes a refrigeration project for a canning factory with a capacity of 2000 tons. The refrigerator is designed for storing frozen raw materials (beef, pork, and lamb) and finished products - canned goods.

Two chambers are provided for raw materials, and three chambers for canned goods, which are optimally arranged to reduce the external wall area and minimize the perimeter of the refrigeration circuit.

All chambers have access to a cargo vestibule, providing convenient access for shipping and transport platforms. Polyurethane (PU) insulation material is used for thermal insulation of the refrigeration chambers.

Calculations of heat inputs to the refrigeration chambers determine the main and auxiliary equipment designed to ensure optimal efficiency and minimize electricity consumption during refrigeration system operation.

Special attention is given to selecting modern refrigeration equipment from GEA Grasso to achieve maximum efficiency with minimal capital and operational costs. The cooling system is implemented using direct ammonia technology, employing modern compressors and heat exchange equipment.

***Keywords: canning factory project, direct cooling, ammonia, R717, natural refrigerants, low GWP, zero ODP.***

## Зміст

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції на підприємстві	6
2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції	9
3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень	11
4. Визначення основних розмірів та планування холодильника	12
5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника	14
6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень	17
7. Визначення теплового навантаження на обладнання камер та компресор	21
8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки	22
9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини	23
10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор)	36
11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер	37
12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання	39
13. Визначення гідравлічного опору	41
14. Вибір насосів та вентиляторів	45
15. Варіативні розрахунки робочих параметрів холодильної установки	46
16. Розрахунок техніко-економічних показників	50
17. Розрахунок техніко-економічних показників	58
18. Список використаної літератури	65

# 1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Технологічна схема холодильника консервного заводу передбачає приймання, короткочасне зберігання, переробку м'ясних продуктів (м'ясо яловичини та свинини) з виготовленням консервів, їх охолодження і зберігання готової продукції.

## Находження та приймання сировини

Сировина (м'ясо у напівтушах та четвертинах) надходить автомобільним транспортом з м'ясопереробних підприємств в замороженому стані. Після розвантаження сировина зважується, перевіряється відповідність вантажу до супроводжувальних документів, санітарний стан та температура продукції. Допустима температура сировини, що приймається складає  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Вище зазначені операції відбуваються у приміщенні експедиції з температурою  $-12^{\circ}\text{C}$ , відносній вологості 80-85%, рухливість повітря 0,1-0,15 м/с - природна. Штучне охолодження відсутнє. Охолодження приміщення відбувається за рахунок тепловтрат з сусідніми холодильними камерами та за рахунок допустимого отеплення продукту. Обсяг вантажних операцій складає 50 т/добу (прийнято як 1/40 частина місткості холодильника).

## Зберігання сировини

Сировина зберігається в замороженому стані не більше 180 діб при температурі  $-20^{\circ}\text{C}$ , відносній вологості 80-85%, рухливість повітря 0,1-0,15 м/с - природна. Загальна місткість камер зберігання сировини  $2000 \cdot 0,4 = 800$  т., тобто 40% від місткості холодильника

Розмежування місткості камер зберігання охолодженої сировини по різновидам м'яса наведено нижче:

- яловичина 25%;

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- свинина 25%;
- курятина 50%.

### **Переробка сировини**

Переробка сировини відбувається у технологічних приміщень, що мають систему кондиціонування повітря, з температурою повітря +12<sup>0</sup>С, відотною вологістю 40-60% та рухливістю повітря 0,1-0,15 м/с. Система кондиціонування повітря децентралізована. Кінцевий продукт технологічного процесу є консерви, що надалі надходять на охолодження та зберігання.

### **Охолодження консервів відбувається у камерах зберігання**

Охолодження консервів відбувається у камерах зберігання при температурі 0<sup>0</sup>С, відотною вологістю 80-85% та рухливістю повітря 1,2-1,5 м/с, охолодження штучне централізоване.

### **Зберігання готової продукції (охолоджених консервів)**

Місткість камер зберігання готової продукції приймаю з врахування загальної місткості холодильника та з врахуванням того, що 40% займає сировина, тобто  $2000 \cdot 0,6 = 1200$  т.

Продукція надходить з температурою +15<sup>0</sup>С упакована та складена у вантажні пакети (800x1200x1000мм) на піддонах. В камерах пакети розташовуються на стелажах. Температура в камерах зберігання 0<sup>0</sup>С, відотною вологістю 80-85% та рухливістю повітря 1,2-1,5 м/с, охолодження штучне централізоване. Термін зберігання 12 місяців.

### **Відпуск готової продукції**

Відпускання продукції з холодильника відбувається через приміщення експедиції де продукція проходить перевірку. Температура в експедиції підтримується +12<sup>0</sup>С відотною вологістю 80-85% та рухливістю повітря 1,2-1,5 м/с, штучне охолодження відсутнє централізоване.

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вантажних операцій передбачено автомобільну платформу.

Для проведення вантажних операцій передбачено використання електровантажників та електроштабелерів, орієнтованою потужністю 5 кВт.

*Таблиця 1. Температурні режими приміщень холодильника.*

Назва продукту	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Температура продукту, що надходить, °С	Температура продукту, що виходить, °С	Час холодильної обробки, год.	Час зберігання, доба	Тип камерного обладнання
Експедиція сировини	-12	80-85	-15	-10	Не більше 2	-	Без штучного охолодження
Камера зберігання готової продукції	0	80-85	+15	0	-	360	Повітро-охолоджувачі
Приміщення технологічної обробки	+12	40-60	0	+5	Не більше 2	-	Кондиціонування повітря
Камера зберігання сировини	-20	80-85	-10	-20	-	180-360	Повітро-охолоджувачі
Експедиція готової продукції	+12	80-85	0	+5	Не більше 2	-	Без штучного охолодження

## 2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції

### Розрахунок тривалості охолодження консерви

Прийнято, що консерви в камери зберігання надходить з температурою +15 °С, температура в приміщенні 0 °С. Кінцева температура становитиме +5 °С.

Визначаю теплофізичні характеристики продукту (свинини):

- коефіцієнт теплопровідності  $\lambda_{пр}=0,46 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ,
- питому теплоємність  $c_{пр}=3,35 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ,
- коефіцієнт температуропровідності,  $a_{пр}=11,8\cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Визначаю теплофізичні характеристики повітря для температури у камері:

- коефіцієнт теплопровідності повітря  $\lambda_{пвт}=0,0217 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ,
- коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря  $\nu_{пвт}=11,13\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ,
- коефіцієнт температуропровідності повітря,  $a_{пвт}=13,24\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Розраховую коефіцієнти тепловіддачі з поверхні консерви до рухомого повітря:

$$\alpha = \text{Nu}\lambda_{пвт} / \delta$$

де  $\delta$  – товщина котлети, приймаю 0,1 м; Nu – критерій Нуссельта, порядок визначення якого залежить від руху повітря.

Для рухомого повітря (залежність І.Г.Чумака та В.М.Московченка):

$$\text{Nu} = 0,17\text{Re}^{0,7}$$

де Re – критерій Рейнольдса для повітря:

$$\text{Re} = w_{пвт}\delta / \nu_{пвт}$$

де w – швидкість руху повітря, приймаю 3 м/с.

$$\text{Re}=3\cdot 0,1/11,13\cdot 10^{-6}=26954,2.$$

$$\text{Nu}=0,17\cdot 26954,2^{0,7}=214,7$$

$$\alpha=214,7\cdot 0,0217/0,1=46,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}).$$

Визначальним розміром буде половина товщини консерви (пластини, оскільки діаметр значно більше за висоту)

$$R = \delta/2=0,1/2=0,05 \text{ м}.$$

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				

Розраховую критерій Біо:

$$Bi = \alpha R / \lambda_{пр.}$$

$$Bi = 46,6 \cdot 0,05 / 0,46 = 0,51.$$

Розраховую безрозмірнісну температуру на поверхні консерви в кінці охолодження, попередньо прийнявши температуру поверхні консерви +5 °С:

$$\theta_R = \frac{t_{пов} - t_{кам}}{t_0 - t_{кам}}$$

$$\theta_R = \frac{+5 - 0}{+15 - 0} = 0,33$$

За графіком безрозмірнісної температури на поверхні пластини знаходжу число Фур'є:

$$Fo = 25.$$

Час охолодження:

$$\tau = FoR^2 / a_{пр.}$$

$$\tau = 2 \cdot 0,05^2 / (11,8 \cdot 10^{-8}) = 42372 \text{ с.} = 11,8 \text{ години}$$

Розрахунок витрату холоду на заморожування

Розраховую витрату холоду на охолодження:

$$Q = m(h_{поч} - h_{кін}), \text{кВт.}$$

де  $m$  - маса продукт, що надходить на зберігання  $m = 2000 / 40 = 50$  т/добу = 0,58 кг/с;  $h_{поч}$ ,  $h_{кін}$  – початкова і кінцева ентальпія продукту, кДж/кг.

Початкова ентальпія продукту для температури +5°С становитиме:

$$h_{поч} = 228 \text{ кДж/кг}$$

$$Q = 0,58 \cdot (280 - 247) = 19,1 \text{ кВт.}$$

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень

В якості холодильного агента приймаю аміак. Аміак самий дешевий холодильний агент, що при незначних втечах не має жодного негативного впливу на оточуюче середовище. Також аміак має найкращі термодинамічні властивості, що кінцевому рахунку зменшує витрати електроенергії на виробництво холоду. Сильний запах аміаку – чудовий індикатор втечі та сигнал для її ліквідації.

Приймаю централізовану систему охолодження. Така система охолодження є більш доцільною, оскільки наявність великих камер зберігання виключає можливість встановлення децентралізованих систем великої потужності. Завдяки централізованій системі охолодження все обладнання буде знаходитися в одному приміщенні, що значно спростить його експлуатацію, підвищити безпеку праці.

Також приймаю безпосередню систему охолодження. Така система значно зменшить витрати електроенергії, оскільки температура кипіння буде 5<sup>0</sup>С вище у порівнянні з системою проміжного теплоносія.

Оскільки системи охолодження для камер зберігання овочів передбачається використовувати гвинтові компресори приймаю одноступеневу роботу цих систем. Виробник обладнання допускає роботи холодильних машин в одноступеневому режимі на розраховані температури.

Охолодження камер зберігання приймаю примусовим рухом повітря для забезпечення швидкого охолодження, оскільки овочі постійно виділяють тепло в наслідок дихання.

Конденсатор прийнятий випарний.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. Визначення основних розмірів та планування ХОЛОДИЛЬНИКА

В залежності від місткості камери будівельна площа камер зберігання дорівнює:

$$F_k = \frac{E_k}{q_v \cdot h \cdot \beta}, \text{ м}^2;$$

- де  $E_k$  – місткість камери, т;  $q_v$  – норма завантаження на  $1\text{ м}^3$  камери,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $h$  – висота вантажного штабелю, м;  $\beta$  – коефіцієнт використання будівельної площі.

Норма завантаження для умовного вантажу  $q_v=0,35 \text{ т}/\text{м}^3$ .

Висота вантажного штабелю приймаю  $h=4,5$  м. Будівельна висота 6000 мм.

Коефіцієнт використання:  $\beta = 0,85$ .

Кількість будівельних прямокутників, з урахуванням сітки колон  $6 \cdot 6$ м:

$$n_p = F_k / (6 \cdot 6), \text{ шт};$$

Для всіх камер зберігання картоплі на підставі однакової норми завантаження:

$$F_e = \frac{2000}{0,35 \cdot 4,6 \cdot 0,85} = 1461,5 \text{ м}^2, n_p = 1461,5 / (6 \cdot 6) = 40,5 \text{ шт}.$$

Приймаю п'ять камер:  $F=8 \cdot 36=288 \text{ м}^2$  кожна.

Приймаю дві камери зберігання сировини:  $F=8 \cdot 36=288 \text{ м}^2$  кожна.

Приймаю три камери зберігання готової продукції:  $F=8 \cdot 36=288 \text{ м}^2$  кожна.

Дійсна місткість камер:

$$E_k = F \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta \cdot q_v, \text{ т};$$

де норма навантаження для м'яса  $q_v=0,35 \text{ т}/\text{м}^3$ , для консервів  $q_v=0,65 \text{ т}/\text{м}^3$ .

Для камери зберігання м'яса:

Камера №1, 2  $E_k=288 \cdot 4,5 \cdot 0,85 \cdot 0,35=385,6 \text{ т}$ .

Для камер зберігання консервів:

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Розрахунок теплоізоляційного шару проведено у відповідності з температурними режимами камер та типовими інженерними розрахунками.

Приймаю зовнішні стіни залізобетонні (згідно завдання), а внутрішні з цегли.

У якості теплоізоляційного матеріалу приймаю: для зовнішніх та внутрішніх стін – плити ППУ. Технічна характеристика: коефіцієнт теплопередачі 0,035 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{в}} = \lambda_{\text{із}} \left[ \frac{1}{k_0} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right], \text{ м};$$

де  $\delta_{\text{в}}$ ,  $\delta_i$  - товщини теплоізоляційного та будівельного шарів відповідно, м;  
 $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{н}}$  - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стін відповідно, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\lambda_{\text{із}}$ ,  $\lambda_i$  - коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційного та будівельних шарів відповідно, Вт/(м·К);  $k_0$  – коефіцієнт теплопровідності огорож, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Розрахункове значення теплоізоляційного шару треба збільшити до стандартного (25 мм, 50мм, 100мм), тоді дійсний коефіцієнт теплопровідності:

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta_{\text{в}}^{\text{пр}}}{\lambda_{\text{із}}}}, \text{ Вт/(м·К)};$$

- де  $\delta_{\text{в}}^{\text{пр}}$  - прийнята, або стандартна товщини теплоізоляції, м.

Конструкції та властивості прошарків зведено до таблиці 1.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2. Склад та теплофізичні властивості огорожі холодильника.

Тип огороження	Найменування шарів огороження	Товщина $\delta_i$ , м	Коеф. тепло-провідності $\lambda_i$ , Вт/(м·К)	Термічний опір $R_i = \delta_i / \lambda_i$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
Покриття	1. 5 шарів гідроізолю на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,04
	2. Бетонна стяжка	0,04	1,86	0,0215
	3. Гідроізоляція	0,004	0,3	0,013
	4. Плита ППУ	-	0,035	-
	5. Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,108
			Разом:	0,182
Підлога	1. Тяжкий бетон	0,04	1,86	0,0215
	2. Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
	-	-	0,035	-
	3. Плита ППУ	0,22	1,86	0,118
	4. Залізобетонна плита з електропідігрівачем	0,04	-	-
			Разом:	0,183
Зовнішня стіна	1. Плита залізобетонна	0,014	1,86	0,02
	2. Пароізоляція	0,004	0,3	0,013
	3. Плита ППУ	-	0,035	-
	4. Штукатурка	0,02	0,98	0,02
			Разом:	0,108
Внутрішня стіна	1. Штукатурка	0,02	0,98	0,02
	2. Цегла	0,25	0,81	0,309
	3. Штукатурка	0,02	0,98	0,02
	2. Пароізоляція	0,004	0,3	0,013
	3. Плита ППУ	-	0,035	-
	4. Штукатурка	0,02	0,98	0,02
			Разом:	0,382

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару таблиці 3 та 4.

*Таблиця 3. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для камер зберігання охолоджених продуктів.*

Назва огорожі	$\alpha_{зов},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_{вн},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$k_0,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$R_p,$ м <sup>2</sup> ·К/Вт	$\lambda_i,$ Вт/(м·К)	$\sigma_{i3},$ М	$\sigma_{i3}^{np},$ М	$k_d,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Покриття	23	11	0,37	0,182	0,035	0,084	0,1	0,32
Підлога	-	11	0,41	0,183	0,035	0,076	0,1	0,32
Зов. Стіна	23	11	0,4	0,108	0,035	0,079	0,1	0,32
Внтр. Стіна	8	11	0,47	0,382	0,035	0,054	0,075	0,36
Перегородка	8	11	0,58	0,382	0,035	0,039	0,05	0,49

*Таблиця 4. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для камер зберігання охолоджених продуктів.*

Назва огорожі	$\alpha_{зов},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_{вн},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$k_0,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$R_p,$ м <sup>2</sup> ·К/Вт	$\lambda_i,$ Вт/(м·К)	$\sigma_{i3},$ М	$\sigma_{i3}^{np},$ М	$k_d,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Покриття	23	11	0,22	0,182	0,035	0,148	0,15	0,22
Підлога	-	11	0,21	0,183	0,035	0,157	0,175	0,19
Зов. Стіна	23	11	0,23	0,108	0,035	0,144	0,15	0,22
Внтр. Стіна	8	11	0,27	0,382	0,035	0,109	0,125	0,24
Перегородка	8	11	0,58	0,382	0,035	0,039	0,05	0,49



висота буде становити 6,5 м. Різниця температур для внутрішніх огорож розраховується як 70% від різниці температур для зовнішніх огорож.

Розрахунок теплонадходжень  $Q_1$  таблиця 4.

**Тепло надходження від продукції:**  $Q_2 = Q_{2\text{ван}} + Q_{2\text{тар}}$ , Вт;

- де  $Q_{2\text{ван}}$  - тепло надходження від холодильної обробки продуктів, Вт;

$Q_{2\text{тар}}$  - тепло надходження від холодильної обробки тари, Вт.

Теплонадходження від холодильної обробки продуктів

$$Q_{2\text{ван}} = M_{\text{пр}} \cdot \Delta i \cdot \frac{1}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт};$$

- де  $M_{\text{пр}}$  - добове надходження продуктів, прийняте 50 т/добу для камер зберігання консервів, для камер зберігання сировини 33% від місткості камери;  $\Delta i$  - різниця питомих ентальпій за початкової та кінцевої температур, кДж/кг.

Теплонадходження від холодильної обробки тари

$$Q_{2\text{тар}} = M_{\text{т}} \cdot c_{\text{т}} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт};$$

- де  $M_{\text{т}}$  – добове надходження тари, т/доб [2]:

$$M_{\text{т}} = 0.15 \cdot M_{\text{пр}}, \text{ т.}$$

$c_{\text{т}}$  – питома теплоємність (картонної або дерев'яної) тари, кДж/(кг·К) [2]:

$$c_{\text{т}} = 2,3 \text{ кДж/(кг·К)}.$$

**Теплонадходження експлуатаційні:**  $Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$ , Вт;

- де  $q_1$  - теплонадходження від людей, що перебувають у камері, Вт;  $q_2$  - теплонадходження від відкриття дверей, Вт;  $q_3$  - теплонадходження від освітлення, Вт;  $q_4$  - теплонадходження від електродвигунів, Вт.  $q_1 = 350 \cdot n$ , Вт;

де  $n$  – кількість працюючих людей,  $n=3$ .  $q_2 = V \cdot F$ , Вт;

де  $V$  – питома теплонадходження від відкриття дверей, Вт/м<sup>2</sup>;  $F$  - площа камери, м<sup>2</sup>.  $q_3 = A \cdot F$ , Вт;

де  $A$  – питома теплонадходження від освітлення, Вт/м<sup>2</sup>. Для камер зберігання  $A=2,3$  Вт/м<sup>2</sup>, для експедиції, приміщення фасування та приміщення розташування апарату  $A=4,7$  Вт/м<sup>2</sup>.

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$q_4 = N_{\text{ел}}, \text{ Вт};$$

де  $N_{\text{ел}}$  – потужність працюючих електродвигунів, Вт.

Таблиця 4. Розрахунок теплонадходжень  $Q_1$ .

Назва огорожі	Напрямок	$k_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	F, м <sup>2</sup>	$\Delta t_r$ , °С	$\Delta t_c$ , °С	$\theta$ , °С	$Q_1$ , Вт
Камера №1 (-20)							
Стіна вн.	пн	0,24	81,3	35,7	0	35,7	697
Перегородка	сх	0,49	159,3	0	0	0	0
Стіна зовн.	пд	0,22	81,3	51	4,9	55,9	1000
Перегородка	зх	0,49	159,3	20	0	20	1561
Покриття		0,22	306,3	51	14,9	65,9	4441
Підлога		0,19	306,3	20	0	20	1164
						Разом:	8862
Камера №2 (-20)							
Стіна вн.	пн	0,24	81,3	35,7	0	35,7	697
Стіна зовн.	сх	0,22	159,3	51	7,2	58,2	2040
Стіна зовн.	пд	0,22	81,3	51	4,9	55,9	1000
Перегородка	зх	0,49	159,3	0	0	0	0
Покриття		0,22	306,3	51	14,9	65,9	4441
Підлога		0,19	306,3	20	0	20	1164
						Разом:	9341
Камера №3 (0)							
Стіна вн.	пн	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	сх	0,49	159,3	12	0	12	937
Стіна зовн.	пд	0,32	81,3	31	4,9	35,9	934
Стіна зовн.	зх	0,49	159,3	31	6	37	2888
Покриття		0,32	306,3	31	14,9	45,9	4499
Підлога		0,32	306,3	0	0	0	0
						Разом:	9913
Камера №4 (0)							
Стіна вн.	пн	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	сх	0,49	159,3	0	0	0	0
Стіна вн.	пд	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Стіна зовн.	зх	0,32	159,3	31	6	37	1886
Покриття		0,32	306,3	0	0	0	0
Підлога		0,32	306,3	1	0	1	98
						Разом:	3295
Камера №5 (0)							
Стіна вн.	пн	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	сх	0,49	159,3	-20	0	-20	-1561
Стіна вн.	пд	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	зх	0,49	159,3	0	0	0	0
Покриття		0,32	306,3	0	0	0	0
Підлога		0,32	306,3	1	0	1	98
						Разом:	-152

*Таблиця 5. Розрахунок теплонадходжень від холодильної обробки продуктів та тари.*

Назва камери	$M_{пр}, T$	$i_{поч},$ кДж/кг	$i_{кон},$ кДж/кг	$D_i,$ кДж/кг	$Q_{2пр},$ Вт	$Dt,$ °C	$c_p,$ кДж/ (К×кг)	$M_T, T$	$Q_{2T},$ Вт	$Q_2,$ Вт
Камера №1	29.3	13	0	13	4409	5	2.3	4.4	585	4994
Камера №2	33	13	0	13	4965	5	2.3	5.0	659	5624
Камера №3	50	280	247	33	19097	5	2.3	7.5	998	20095
Камера №4	50	280	247	33	19097	5	2.3	7.5	998	20095
Камера №5	50	280	247	33	19097	-5	2.3	7.5	-998	18099

*Таблиця 6. Розрахунок експлуатаційних теплонадходжень.*

Назва камери	n	$q_1,$ Вт	$B,$ Вт/м <sup>2</sup>	$F,$ м <sup>2</sup>	$q_2,$ Вт	$A,$ Вт/м <sup>2</sup>	$q_3,$ Вт	$N_{ел},$ Вт	$q_4,$ Вт	$Q_4,$ Вт
Камера №1	2	700	8	288	2304	2.3	662.4	1500	1500	5166.4
Камера №2	2	700	8	288	2304	2.3	662.4	1500	1500	5166.4
Камера №3	3	1050	12	288	3456	2.3	662.4	1500	1500	6668.4
Камера №4	3	1050	12	288	3456	2.3	662.4	1500	1500	6668.4
Камера №5	3	1050	12	288	3456	2.3	662.4	1500	1500	6668.4

## 7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Структуру системи охолодження холодильника консервного заводу приймаю відокремлену по всіх температурах кипіння. Таке рішення дозволить оптимально використовувати кожну систему на задану температуру кипіння.

Система охолодження камер прийнята безпосередня. Таке рішення дає можливість заощадити електричну енергію за рахунок більш високої температури кипіння у порівнянні з системою проміжного теплоносія.

Подачу холодильного агента приймаю насосно-циркуляційним способом. Це дозволить покращити теплообмін у камерному обладнанні, що покращить якість зберігання продуктів та зменшить усихання. Для забезпечення аміачних насосів рідиною аміаку та створення стовпа рідини приймаю вертикальний циркуляційний ресивер. Такий тип ресивера займає менше місця в машинному відділенні та краще виконує функцію відокремлення рідини від пари, холодильного агента що повертається з камерного обладнання.

Також приймаю дренажний ресивер, який приймає рідкий аміак у процесі відтайки та холодильний агент у випадку ремонту чи випробування апаратів.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

При розрахунку навантаження враховано, що навантаження на камерне обладнання складає 100% для всіх видів теплоприпливів, а навантаження на компресор  $Q_1$ -80%,  $Q_2$ -100%,  $Q_4$ -50%, згідно [2]. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор таблиця 7.

Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор зведено до таблиці 7.

*Таблиця 7. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор*

Назва камери	$Q_1$ , Вт		$Q_2$ , Вт	$Q_4$ , Вт		$\dot{a}Q$ , Вт	
	(КО)	(КМ)		(КО)	(КМ)	(КО)	(КМ)
Камера №1 яловичина	8862	7090	4994	5166	2583	19022	14666.6
Камера №2 свинина	9341	7473	5624	5166	2583	20131	15679.8
Камера №3 готова продукція	9913	7930	20095	6668	3334	36676	31359.4
Камера №4 готова продукція	3295	2636	20095	6668	3334	30058	26065
Камера №5 готова продукція	-152	-122	18099	6668	3334	24615	21311.4

Навантаження на компресор з врахуванням 22 годин роботи (найбільше навантаження):

$$Q_0 = \sum Q \cdot k / 0,9, \text{ Вт};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах, для температури в камері  $-20^{\circ}\text{C}$   $k=1,09$ , для температури в камері  $0^{\circ}\text{C}$   $k=1,04$ .

$$Q_{0(0)} = (78735) \cdot 1,04 / 0,9 = 90982,7 \text{ Вт.}$$

$$Q_{0(-20)} = (30347) \cdot 1,09 / 0,9 = 36753 \text{ Вт.}$$

(у коефіцієнтах вказані температури повітря в камерах)

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк. 22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини

В проєкті порівняємо аміачну парокомпресійну двухступеневу холодильну машину з двома циркуляційними ресиверами (рис. 2) та аміачну парокомпресійну двухступеневу холодильну машину з одним циркуляційним ресивером (рис. 3). Кожна з установка буде централізованою, без проміжного холодоносія і буде розрахована на дві температури кипіння.

Вибір централізованої системи безпосереднього охолодження обґрунтований тим, що він більш економічний завдяки невеликому перепаду температур між повітрям в камері і температурою кипіння, а зниження перепаду температур на  $5^{\circ}\text{C}$  зменшує розхід електроенергії приблизно на 15%.

Приймаємо до встановлення поршневий компресор. Основна перевага поршневих холодильних компресорів перед гвинтовими полягає в більш високій енергетичній ефективності. В умовах високої вартості електричної енергії ця перевага надає в ряді випадків вирішальний вплив на вибір саме поршневого компресора, незважаючи на те що по надійності і терміну служби він поступається гвинтовому.

Приймаю до встановлення випарні конденсатори, що застосовуються при високих температурах навколишнього повітря, випарні конденсатори дозволяють отримувати досить низькі температури конденсації, при цьому використовуючи мінімальну витрату води. Широке застосування випарні конденсатори знаходять внаслідок можливості їх використання як з подачею, так і без подачі води при включених і виключених вентиляторах, що дозволяє регулювати температуру конденсації в широких межах, економити воду та електроенергію.

Приймаємо систему охолодження повітроохолодниками при якому в камері створюється примусова циркуляція повітря під впливом вентиляторів повітроохолодника.

Перевагами цієї системи є:

- мала металоемність в порівнянні з батарейним охолодженням

										Арк.
										23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ					

- рівномірність розподілення температури по всьому об'єму камери
- легкість відтайки інея.

Основним недоліком такої системи є усушка продукту, який долають шляхом застосування пакувальних матеріалів, дозволоженням камер.

Вибір розрахункового робочого режиму.

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

Температура конденсації залежить від температури навколишнього середовища. Температуру конденсації для випарних конденсаторів приймають за мокрим термометром та густиною теплового потоку [1]  $t_k = 38^{\circ}\text{C}$ .

Температуру кипіння в установках з безпосереднім охолодженням приймаємо в залежності від розрахункової температури повітря в камері.

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

$$t_{01} = t_{\text{в}} - 5 \dots 10^{\circ}\text{C} = -20 - 10 = -30^{\circ}\text{C}$$

$$t_{02} = t_{\text{в}} - 5 \dots 10^{\circ}\text{C} = 0 - 10 = -10^{\circ}\text{C}$$

$t_{\text{в}}$  – температура в камері.

Температуру всмоктуваних парів  $t_{\text{вс}}$  приймають:

в аміачних машинах для першого ступеню  $t_{\text{вс}} = t_{01} + 10 \dots 20^{\circ}\text{C}$ , для другого ступеню  $t_{\text{вс}} = t_{02} + 5 \dots 10^{\circ}\text{C}$ .

$$t_{\text{вс1}} = t_{01} + 10 \dots 20^{\circ}\text{C} = -30 + 10 = -20^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{вс2}} = t_{02} + 5 \dots 10^{\circ}\text{C} = -10 + 5 = -5^{\circ}\text{C}.$$

Температуру рідкого холодоагенту що виходить із зміювика проміжної посудини, приймають на  $4..6^{\circ}\text{C}$  вище температури кипіння холодоагенту в апараті.

**Температура кипіння:**

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк. 24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_0 = t_{\text{пов}} - (7 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де  $t_{\text{пов}}$  – температура повітря,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_0 = 0 - 7 = -7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_0 = -20 - 7 = -27 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

### Температура конденсації для безпосередньої системи.

Температуру конденсації приймаю згідно графіку [1с.72 р.11.1] та попередньо прийнятому тепловому навантаженні  $q = 2.5 \text{ кВт/м}^2$ :

$$t_{\text{MT}} = 23 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_{\text{к}} = 36 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де  $t_{\text{MT}}$  – температура мокрого термометра при параметрах зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ .

### Температура всмоктування.

$$t_{\text{вс}} = t_0 + (5 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{вс}} = -7 + 5 = -2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{вс}} = -27 + 5 = -22 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура всмоктування компресорів другого ступеня відповідає температури насичення проміжної посудини.

### Температура переохолодження.

Переохолодження у конденсаторі приймаю  $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння $-7 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

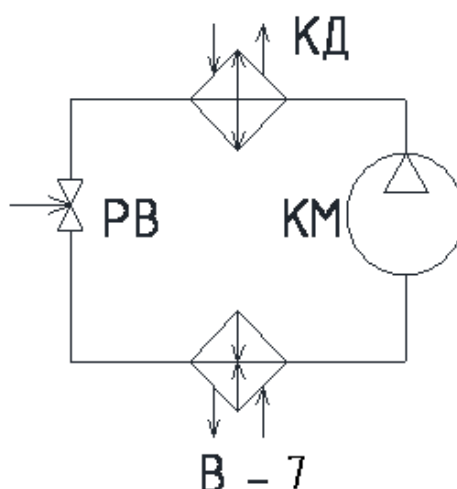


Рис. 3. Схема холодильної машини на температуру кипіння  $-7 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 8.

Таблиця 8. Параметри характерних точок.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Параметри	1'	1	2	3	4
P, МПа	0.32	0.32	1.4	1.4	0.32
t, °C	-7	-2	104	38	-7
h, кДж/кг	1453	1466	1681	342	342
v, м <sup>3</sup> /кг	0.37	0.38	0.12	0.0018	0.05

**Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння -7<sup>0</sup>C.**

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{0(-7)} / (h_1 - h_4), \text{ кг/с}; M = 90,98 / 1111 \cdot 10^3 = 0,082 \text{ кг/с};$$

Тепловий розрахунок холодильних машин таблиця 9.

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 9. Тепловий розрахунок холодильних машин.

• Параметр, розрахункова формула та од. вимірювання	$t_0 = -7^\circ\text{C}$
Питома холодопродуктивність: $q_0 = h_{1'} - h_4$ , кДж/кг	1111
Масова витрата: $M = Q_0/q_0$ , кг/с	0.082
Об'ємна витрата: $V = M \cdot v_{вс}$ , м <sup>3</sup> /с	0.031
Коефіцієнт подачі [5]: $\lambda = \lambda_\omega \cdot \lambda_i$	0.69
Коефіцієнт невидимих втрат $\lambda_\omega = T_0/T_k$	0.86
Коефіцієнт втрат мертвого простору та депресії клапанів: $\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_0}{p_0} - c \left[ \left( \frac{p_k + \Delta p_0}{p_0} \right)^{\frac{1}{n_b}} - \frac{p_0 - \Delta p_0}{p_0} \right]$	0.8
Коефіцієнт мертвого простору: c	0.03
Депресія при всмоктуванні: $\Delta p_0 = 0,1 p_{н.т.}$ , МПа	0.03
Депресія при нагнітанні: $\Delta p_k = 0,11 p_{в.т.}$ , МПа	0.154
Дійсна об'ємна витрата: $V_d = V/\lambda$ , м <sup>3</sup> /с	0.045
Дійсна масова витрата: $M_d = V_{д.пр} \cdot \lambda/v_{вс}$ , кг/с	0.08
Дійсна холодопродуктивність: $Q_0 = M_d \cdot q_0$ , кВт	88,4
Теоретична потужність стискання: $N_T = M_d \cdot (h_{наг} - h_{всм})$ , кВт	17,2
Індикаторна потужність стискання: $N_i = N_T/\eta_i$ , кВт	20,2
Індикаторний ккд компресора, [5]: $\eta_i = \lambda_\omega + v \cdot t_0$ , $v = 0,001$ (для аміака)	0.85
Ефективна потужність на валу компресора $N_e = N_i/\eta_{мех}$ , кВт (механічний ккд компресора $\eta_{мех} = 0,9$ )	22,5
Потрібна потужність електродвигунів: $N_{ел} = N_e/\eta_{ел}$ , кВт (ккд електродвигуна $\eta_{ел} = 0,9$ )	25

Прийнято два холодильних агрегати фірми GEA Grasso RCA 46 W на базі поршневого компресору RCA 66 W, що має  $V_{д.пр} = 130 \cdot 2 \text{ м}^3/\text{год} = 0,072 \text{ м}^3/\text{с}$ , з електродвигуном 15 кВт.

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ					

**Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння  $-27^{\circ}\text{C}$ .**

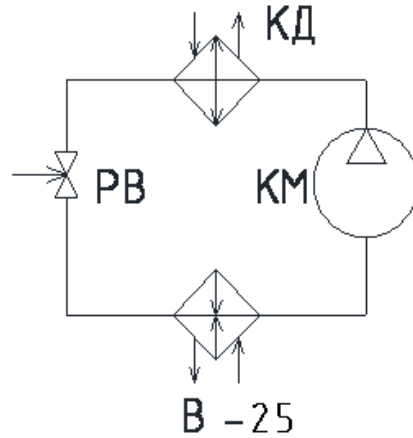


Рис. 4. Схема холодильної машини на температуру кипіння  $-27^{\circ}\text{C}$ .

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 10.

*Таблиця 10. Параметри характерних точок.*

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, МПа	0,152	0,152	1,4	1,4	0,152
t, $^{\circ}\text{C}$	-27	-22	140	38	-27
h, кДж/кг	1430	1440	1785	342	342
v, м <sup>3</sup> /кг	0,77	0,79	0,144	0,0017	0,147

**Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння  $-27^{\circ}\text{C}$ .**

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{0(-27)} / (h_1 - h_4), \text{ кг/с}; M = 36,75 / 1098 \cdot 10^3 = 0,033 \text{ кг/с};$$

Тепловий розрахунок холодильних машин таблиця 11.

Таблиця 10. Тепловий розрахунок холодильних машин.

• Параметр, розрахункова формула та од. вимірювання	$t_0 = -27^{\circ}\text{C}$
Питома холодопродуктивність: $q_0 = h_{1'} - h_4$ , кДж/кг	1098
Масова витрата: $M = Q_0 / q_0$ , кг/с	0.033
Об'ємна витрата: $V = M \cdot v_{вс}$ , м <sup>3</sup> /с	0.026
Коефіцієнт подачі для гвинтового компресору [5]: $\lambda$	0.82
Дійсна об'ємна витрата: $V_d = V / \lambda$ , м <sup>3</sup> /с	0.032
Дійсна масова витрата: $M_d = V_{д.пр} \cdot \lambda / v_{вс}$ , кг/с	0.066
Дійсна холодопродуктивність: $Q_0 = M_d \cdot q_0$ , кВт	73,1
Теоретична потужність стискання: $N_T = M_d \cdot (h_{наг} - h_{всм})$ , кВт	16,2
Індикаторна потужність стискання: $N_i = N_T / \eta_i$ , кВт	18
Індикаторний ккд компресора, [5]: $\eta_i = \lambda_{\omega} + v \cdot t_0$ , $v = 0,001$ (для аміака)	0.90
Ефективна потужність на валу компресора $N_e = N_i / \eta_{мех}$ , кВт (механічний ккд компресора $\eta_{мех} = 0,9$ )	20
Потрібна потужність електродвигунів: $N_{ел} = N_e / \eta_{ел}$ , кВт (ккд електродвигуна $\eta_{ел} = 0,9$ )	22,2

Прийнято холодильний агрегати фірми GEA Grasso на базі гвинтового компресору типу С-53, що має  $V_{д.пр} = 231 \text{ м}^3/\text{год} = 0,064 \text{ м}^3/\text{с}$ , з електродвигуном 25 кВт.

#### Розрахунок витрати води на охолодження мастила

Оскільки мастило гвинтового компресору охолоджується за рахунок подачі води, необхідно провести розрахунок об'ємної витрати води. Мастило у гвинтовому компресорі відбирає тепло, що відповідає різниці точок 2р та 2'. Тоді об'ємна витрата води на охолодження мастила:

$$M_m = \frac{M(h_{2'} - h_{2p})}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $h_{2'}$  - ентальпія реальної точки кінця стиснення, кДж/кг;  $h_{2p}$  - ентальпія точки максимально допустимої температури  $80^{\circ}\text{C}$ ,  $h_{2p} = 1620$

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				

кДж/кг;  $c$  – теплоємність води,  $c=4200$  Дж/(кг·К);  $\rho$  – густина води  $1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta t$  – нагрів води у мастило охолоднику,  $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ .

$$h_2 = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 1440 + \frac{1785 - 1440}{0.9} = 1812 \text{ кДж/кг.}$$

$$M_m = \frac{0.066(1812 - 1620) \cdot 10^3}{1000 \cdot 4200 \cdot 5} = 0.0006 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Тепловий розрахунок холодильної машини з одним циркуляційним ресивером.

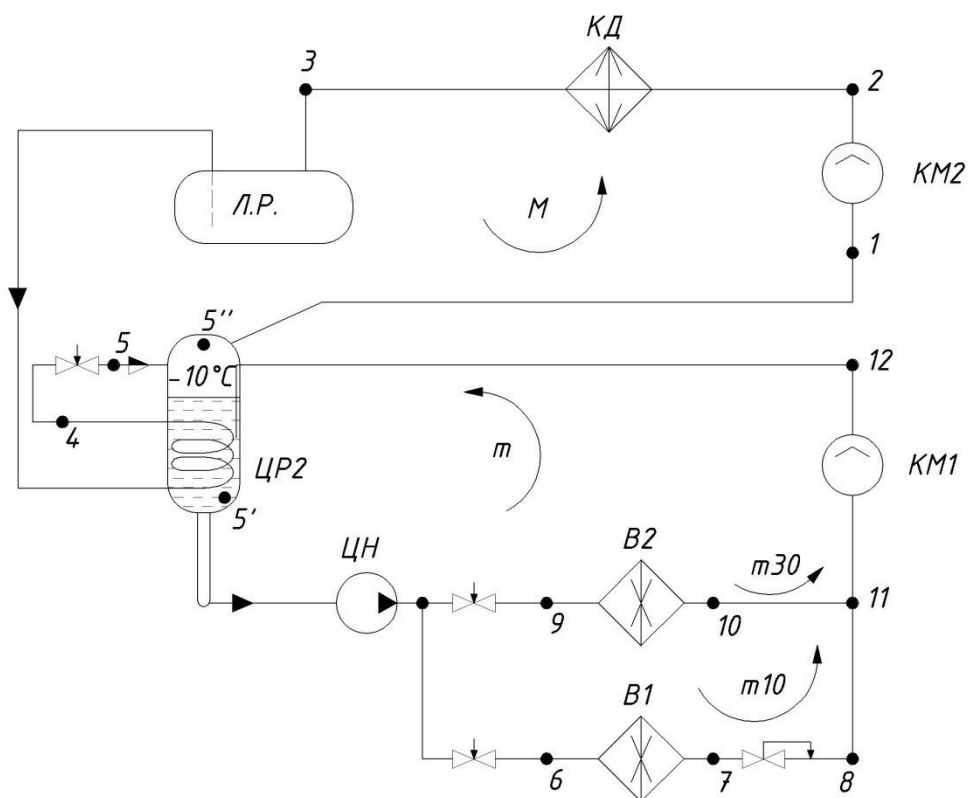


Рисунок 5. Принципова схема двоступеневої аміачної холодильної машини з двома циркуляційними ресиверами

Будуємо цикл в  $\lg P-h$  діаграмі для R717. Значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу заносимо у таблицю.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



№ Точки	Температура °С	Тиск, Мпа	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /кг	Паровміст, кг/кг
	t	P	h	v	x
1	-5	0.29	1462	0.428	–
2	116	1.51	1710	0.119	–
3	39	1.51	383	–	0
4	-4	1.51	182	–	–
5	-10	0.29	182	–	0.02
5'	-10	0.29	154	–	0
5"	-10	0.29	1449	0.421	1
6	-10	0.29	154	–	0
7	-10	0.29	1449	0.421	1
8	-18	0.12	1449	0.98	–
9	-30	0.12	154	–	0.08
10	-30	0.12	1421	0.957	1
11	-25	0.12	1430	0.97	–
12	35	0.29	1564	0.509	–

Визначаємо масову витрату холодоагенту через випарник В1:

$$m_{10} = \frac{Q_{02}}{h_7 - h_6} = \frac{92.06}{1449 - 154} = 0.071 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Визначаємо масову витрату холодоагенту через випарник В2:

$$m_{30} = \frac{Q_{01}}{h_{10} - h_9} = \frac{267.5}{1421 - 154} = 0.216 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Загальна кількість пари m (кг/с) яка всмоктується через КМ1:

$$m = m_{10} + m_{30} = 0.071 + 0.216 = 0.278 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Загальна кількість пари M(кг/с) яка всмоктується через КМ2:

$$M = \frac{m + m_{n0} + m_{\delta}}{1 - x_5};$$



$$q_{02} = h_{10} - h_9 = 1421 - 154 = 1239 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома об'ємна холодопродуктивність,  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$ :

$$q_{v1} = \frac{q_{01}}{v_{11}} = \frac{1295}{0.97} = 1335.1 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v2} = \frac{q_{02}}{v_1} = \frac{1239}{0.428} = 2894.8 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Питома теоретична (адіабатна) робота компресора,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ :

$$L_1 = h_{12} - h_{11} = 1564 - 1430 = 134 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$L_2 = h_2 - h_1 = 1710 - 1462 = 248 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ :

$$q_k = h_2 - h_3 = 1710 - 383 = 1327 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Об'ємна продуктивність компресора,  $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ :

$$V_{h1} = m \cdot v_{11} = 0.278 \cdot 0.97 = 0.269 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$V_{h2} = M \cdot v_1 = 0.3785 \cdot 0.428 = 0.162 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Холодильний коефіцієнт циклу:

$$\varepsilon_2 = \frac{Q_0}{M_1 L_1 + M_2 L_2} = \frac{359.56}{0.278 * 134 + 0.3785 * 248} = 2.74$$

Порівнюючи два холодильних коефіцієнта  $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ , бачимо, що більш енергоефективна схема з двома циркуляційними ресиверами, так як холодильний коефіцієнт циклу характеризує енергетичну ефективність

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

холодильної машини і чим він більший тим менше енергії витрачається на 1 кВт холоду.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарник, конденсатор, градирня)

### Розрахунок конденсатора

Теплове навантаження на випарний конденсатор:

$$Q_k = \Sigma Q_o + \Sigma N_i + N_m, \text{ кВт.}$$

$$Q_k = 88,4 + 20,2 + 73,1 + 18 + 12,6 = 212,3 \text{ кВт.}$$

Де  $N_m$  – теплота, що відводиться від мастила для гвинтових компресорів:

$$N_m = 0.0006 \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot 5 = 12600 \text{ Вт} = 12,6 \text{ кВт.}$$

При тепловому навантаженні на випарний аміачний конденсатор  $q = 2.5$  кВт/м<sup>2</sup> необхідна площа теплообміну:

$$F = Q_k / (k \cdot \Delta t) = 212,3 \cdot 10^3 / 2500 = 84,9 \text{ м}^2.$$

Прийнято два конденсатори ВАС ХЕ СХVT.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

## Розрахунок повітроохолодників

Необхідна охолодна поверхня повітроохолодника визначається за формулою:

$$F=Q_0/(k \cdot \Theta), \text{ м} ;$$

де  $F$  – охолодна поверхня повітроохолодника,  $\text{м}^2$ ;  $Q_0$  – розрахункове теплове навантаження на повітроохолодник,  $\text{Вт/с}$ ;  $k$  – коефіцієнт теплопередачі від холодоагента до повітря,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Theta$  – перепад температур між повітрям камери і холодоагентом у батареї повітроохолодника,  $^{\circ}\text{C}$ .

Розрахунковий перепад температур між повітрям камери і холодоагентом прийнято  $\Theta=7^{\circ}\text{C}$ .

У практичних розрахунках для більшості повітроохолодників, виконаних з ребристих труб і працюючих в умовах холодильників за температури холодильного агента  $-7^{\circ}\text{C}$  та  $-27^{\circ}\text{C}$  величина коефіцієнта, віднесена до зовнішньої ребристої поверхні теплопередачі, за швидкості повітря в живому перерізі охолодної батареї 3 - 5 м/с, з врахуванням термічного опору шару снігової шуби, прийнята рівною 17,5 та 14  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  відповідно.

Необхідне число повітроохолодників прийнято з умови створення рівномірного температурного і швидкісного полів повітря в холодильній камері. Розрахунок та вибір повітроохолодників таблиця 11.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11. Розрахунок та вибір повітроохолодників.

Назва камери	$Q_0$ , Вт	$k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\Theta$ , °С	F, м <sup>2</sup>	Прийнято повітроохол.	Кількість	Площа теплообміну повітроохл.
Камера №1	19022	14	7	194,1	СТЕ 50 4A12W9	2	288
Камера №2	20131	14	7	205,4	СТЕ 50 4A12W9	2	288
Камера №3	36676	17,5	7	299,4	СТЕ 50 4A12W9	3	432
Камера №4	30058	17,5	7	245,4	СТЕ 50 4A12W9	2	288
Камера №5	24615	17,5	7	200,9	СТЕ 50 4A12W9	2	288

Технічні характеристики повітроохолодників:

СТЕ 50 4A12W9 - крок ребра 12 мм; площа поверхні теплообміну 144м<sup>2</sup>;  
витрата повітря 27315 м<sup>3</sup>/год; вентилятор потужністю 8х0.15 кВт; габаритні  
розміри 1184х880х70мм.

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

### Лінійний ресивер

Потрібна місткість лінійного ресивера з умов заповнення на 80%:

$$V_{\text{лр}} = 0,4 \cdot V_{\text{по}}, \text{ м}^3;$$

$V_{\text{по}}$  - об'єм повітроохолоджувачів на  $t_0 = -7^\circ\text{C}$ :

$$V_{\text{по}} = 11 \cdot 0,106 = 1,17 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{лр}} = 0,4 \cdot 1,17 = 0,47 \text{ м}^3.$$

Прийнято ресивер 1,5РД, що має  $V_{\text{лр}} = 1,65 \text{ м}^3$ .

Технічні характеристики ресивера 1,5РД:

розміри  $D \times S(800 \times 8)$ ,  $L(3610)$ , умовний діаметр проходу патрубков  $d_1 = 50$  мм,  $d_2 = 25$  мм,  $D_{\text{г.т.р}} = 1/2''$ , ємність  $1,65 \text{ м}^3$ , вага  $670$  кг.

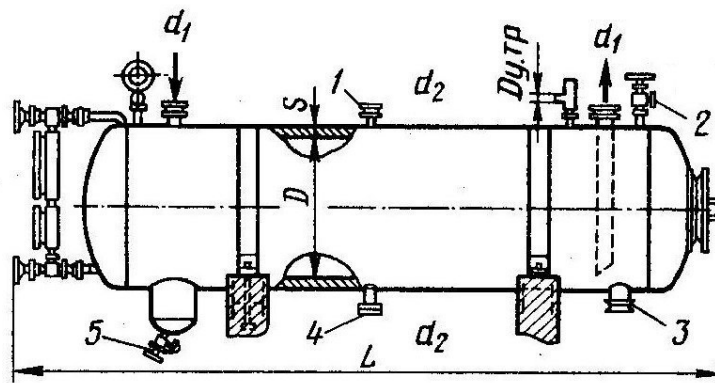


Рис. 6. Ресивер типу РД.

### Дренажний ресивер

Умови вибору дренажного ресиверу:

$$V_{\text{др}} \geq 0,8 \cdot V_{(\text{по})}, \text{ м}^3;$$

де  $V_{(\text{по})}$  – місткість повітроохолоджувачів найбільшої камери,  $\text{м}^3$ .

Для камери № 6 дренажний ресивер:

$$V_{\text{др}} \geq 0,8 \cdot (3 \cdot 0,106) = 0,34 \text{ м}^3.$$

Прийнято дренажний ресивер 1,5РД, що має  $V_{\text{лр}} = 1,65 \text{ м}^3$ .

Місткість ресиверу повинна прийнята аміак на випадок ремонту, тому прийнятий ресивер має збільшену місткість.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

00.MP.142.003.013.ПЗ

## Циркуляційний ресивер

Умови вибору циркуляційного ресивера :

$$V_{\text{шт}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}), \text{ м}^3;$$

де  $K$  – коефіцієнт типу ресивера, для вертикального типу  $K=2$ ;  $V_{\text{нт}}$  - об'єм нагнітального трубопроводу насоса, (умовно)  $V_{\text{нт}}=0,05 \text{ м}^3$ ;  $V_{\text{вт}}$  - об'єм всмоктувального трубопроводу насоса, (умовно)  $V_{\text{вт}}=0,15 \text{ м}^3$ ;  $V_{\text{по}}$  - об'єм повітроохолоджувачів,  $\text{м}^3$ .

Для  $t_o = -7^\circ\text{C}$ :  $V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,15 + 0,5 \cdot (7 \cdot 0,106) + 0,05) = 1,14 \text{ м}^3$ , прийнято 1,5РДВ, що має  $V_{\text{цр}} = 1,4 \text{ м}^3$ .

Для  $t_o = -27^\circ\text{C}$ :  $V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,15 + 0,5 \cdot (4 \cdot 0,106) + 0,05) = 0,82 \text{ м}^3$ , прийнято 1,5РДВ, що має  $V_{\text{цр}} = 1,4 \text{ м}^3$ .

Технічні характеристики ресивера 1,5РДВ<sup>а</sup>:

розміри  $D \times S$  (800x10),  $H$  (4510), умовний діаметр проходу патрубків  $d_1=200\text{мм}$ ,  $d_2=80\text{мм}$ ,  $d_3=40\text{мм}$ ,  $d_4=15\text{мм}$ , ємність  $4,46\text{м}^3$ , вага 790кг.

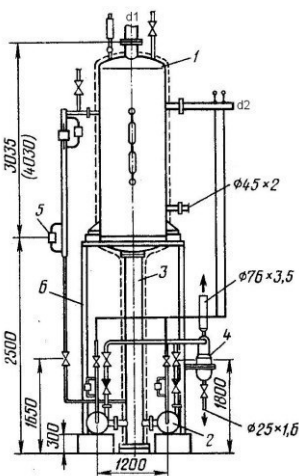


Рис. 7. Ресивер типу РДВ<sup>а</sup>.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13. Визначення гідравлічного опору

Визначення гідравлічного опору для камери №3.

Гідравлічний опір, що долає насос, складається з втрат на тертя, місцеві втрати та втрати на подолання напору гідравлічного стовпа. Для визначення цих втрат необхідно визначити швидкість руху аміаку, його густину та в'язкість і діаметр труб.

Визначаю розрахункову продуктивність насосів для забезпечення роботи камери заморожування.

$$V=M \cdot v, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $M$  – масова витрата аміаку, кг/с;  $v$  - питомий об'єм аміаку, м<sup>3</sup>/кг.

Оскільки насос працюють на два апарати, то продуктивність розраховуємо на дві камери, також враховую вимоги по циркуляції холодильного агенту, що складають 25 разів:

$$V=25 \cdot (36676/1052 \cdot 10^3) \cdot 1,46 \cdot 10^{-3}=1,27 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\text{Потрібний діаметр трубопроводів: } d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \text{ м};$$

де  $\omega$  - рекомендована швидкість аміаку, для подачі рідини  $\omega=0,4$  м/с, для зворотної 1,2 м/с. Діаметр трубопроводу напірної лінії, що подає аміак на дві камери:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,24 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,4}}=0,06 \text{ м}.$$

Приймаю трубу з сортаменту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 70 мм, товщиною стінки 3,0 мм.

Діаметр трубопроводу напірної лінії, що подає аміак на кожен повітроохолодник:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,27 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,4 \cdot 3}}=0,034 \text{ м}.$$

Приймаю трубу з сортаменту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 40 мм, товщиною стінки 2,5 мм.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $\sum \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Розрахунки місцевих гідравлічних втрат зведено до таблиці 16.

Сума буде складати 22525,7 Па.

**Втрати на подолання напору гідравлічного стовпа:**  $\Delta P = \frac{g \cdot \Delta h}{v}$ , Па;

де  $\Delta h$  - різниця рівня самої високої точки та самої низької,  $\Delta h = 4,2$  м.

$$\Delta P = \frac{4.2 \cdot 4.395}{1.46 \cdot 10^{-3}} = 12906 \text{ Па.}$$

Сума гідравлічних опорів буде складати:

$$\Delta P = 729,3 + 22525,7 + 12906 = 36161 \text{ Па.}$$

Приймаю насос циркуляційний герметичний аміачний марки 1,5ХГ-6х3-2,8-2, що має  $V = 12 \text{ м}^3/\text{год} = 3,33 \cdot 10^{-3} \leq 2,26 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  та напір 55 м. в. ст.;  $36161 \text{ Па} \leq 55000 \text{ Па}$ , і задовольняє умовам. Приймаю один насос робочий та один резервний.

*Таблиця 15. Розрахунок гідравлічних втрат від тертя*

Назва ділянки	Довжина, м	Діаметр труби, м	Перерахова на швидкість, м/с	В'язкість динамічна, Па·с	Питомий об'єм, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт тертя	Гідравлічні втрати
Насос - колектор	10	0,15	0,18	0,00028	0,00146	0,021	16,3
колектор - розгалуження	68	0,15	0,09	0,00028	0,00146	0,024	31,6
розгалуження - повітроохолодник	7,5	0,04	0,43	0,00028	0,00146	0,026	307,9
повітроохолодник - розгалуження	3,2	0,1	1,04	0,00027	0,055	0,035	10,9
розгалуження - колектор	71,3	0,15	1,39	0,00027	0,055	0,029	242,8
розгалуження - ресивер	10	0,15	2,77	0,00027	0,055	0,025	116,8

Таблиця 16. Розрахунок гідравлічних втрат від тертя

Назва ділянки	Назва місцевих опорів визначених ділянок	Коефіцієнт місцевого опору	Перерахована швидкість, м/с	Питомий об'єм, кг/м <sup>3</sup>	Гідравлічні втрати, Па
Насос - колектор	4 вентиля зворотній клапан фільтр вихід з ресиверу 4 повороти	40 5 8 0,5 4	0,41	0,00146	7240,8
колектор - розгалуження	колектор вентиль 2 повороти	2 10 2	0,42	0,00146	3383,0
розгалуження - повітроохолодник	2 повороти 1 трійник вентиль теплообмінник	2 3 10 10	0,43	0,00146	6332,2
повітроохолодник - розгалуження	2 повороти 1 трійник вентиль	20 3 10	1,63	0,055	3188,3
розгалуження - колектор	колектор вентиль 2 повороти	2 10 2	1,22	0,055	757,7
розгалуження - ресивер	3 вентиля	30	1,22	0,055	1623,7

## 14. Вибір насосів та вентиляторів

### Аміачні насоси

Насоси прийняти по необхідним значенням подачі та напору. Критерій вибору по напору виконується з умов збільшення циркуляції аміаку 25-30 раз, що необхідно для оптимального теплообміну у змійовику повітроохолоджувачів. Об'ємна подача насосів:

$$V=M \cdot v, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $M$  – масова витрата аміаку,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $v$  - питомий об'єм аміаку,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Розрахунок та вибір аміачних насосів таблиця 15.

Таблиця 17. Розрахунок та вибір аміачних насосів.

$t_0, ^\circ\text{C}$	$M, \text{ кг}/\text{с}$	$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	Прийнято	Кількість	Об'ємна подача, $\text{м}^3/\text{с}$
-27	0,133	• 0,00 15	0,005	2ХГ-5-4,5-2	1	• 0,00778
-7	0,065	• 0,00 27	0,0028	1,5ХГ-6х3-2,8- 2	1	• 0,00333

Окрім того приймаю один резервний насос.

Технічні характеристики аміачних насосів:

1,5ХГ-6х3-2,8-2 подача 5,5-12  $\text{м}^3/\text{год.}$ , напір рідкого аміаку 45-55 м, кількість ступенів 2, частота обертання 49,5  $\text{с}^{-1}$ , потужність 2,8 кВт.

2ХГ-5-4,5-2 подача 12-28  $\text{м}^3/\text{год.}$ , напір рідкого аміаку 41-48 м, кількість ступенів 1, частота обертання 49,5  $\text{с}^{-1}$ , потужність 5,5 кВт.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				

## Розділ 15: Варіативні розрахунки робочих параметрів холодильної установки

Метою варіативних розрахунків робочих параметрів холодильної установки є оцінка енергоефективності системи холодопостачання.

### Залежність холодильного коефіцієнта COP від температури конденсації.

Для трьох значень температури конденсації, розраховано і побудовано залежність (рис. 8) холодильного коефіцієнта від температури конденсації.

$t_k, ^\circ\text{C}$	30	34	38
COP	2.09	1.982	1.891

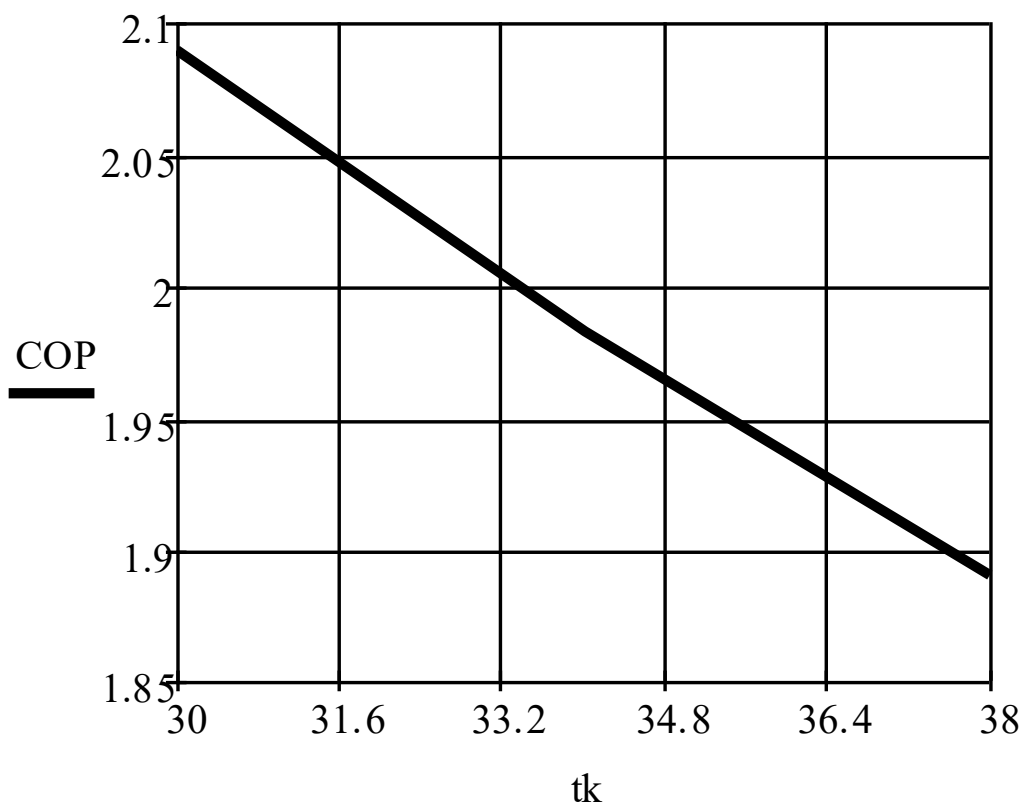


Рис 8. Залежність холодильного коефіцієнта COP від температури конденсації  $t_k$

Як видно із графіка при збільшенні температури конденсації холодильний коефіцієнт COP падає, це призводить до збільшення енергоспоживання, а відповідно і до з дорожчання кВт холоду.

### Залежність ефективної потужності на валу компресора від температури конденсації.

Для трьох значень температури конденсації, розраховано і побудовано залежність (рис. 9) ефективної потужності на валу компресора від температури конденсації.

$t_k, ^\circ\text{C}$	30	34	38
$N_e, \text{кВт}$	116.2	125.5	134.3

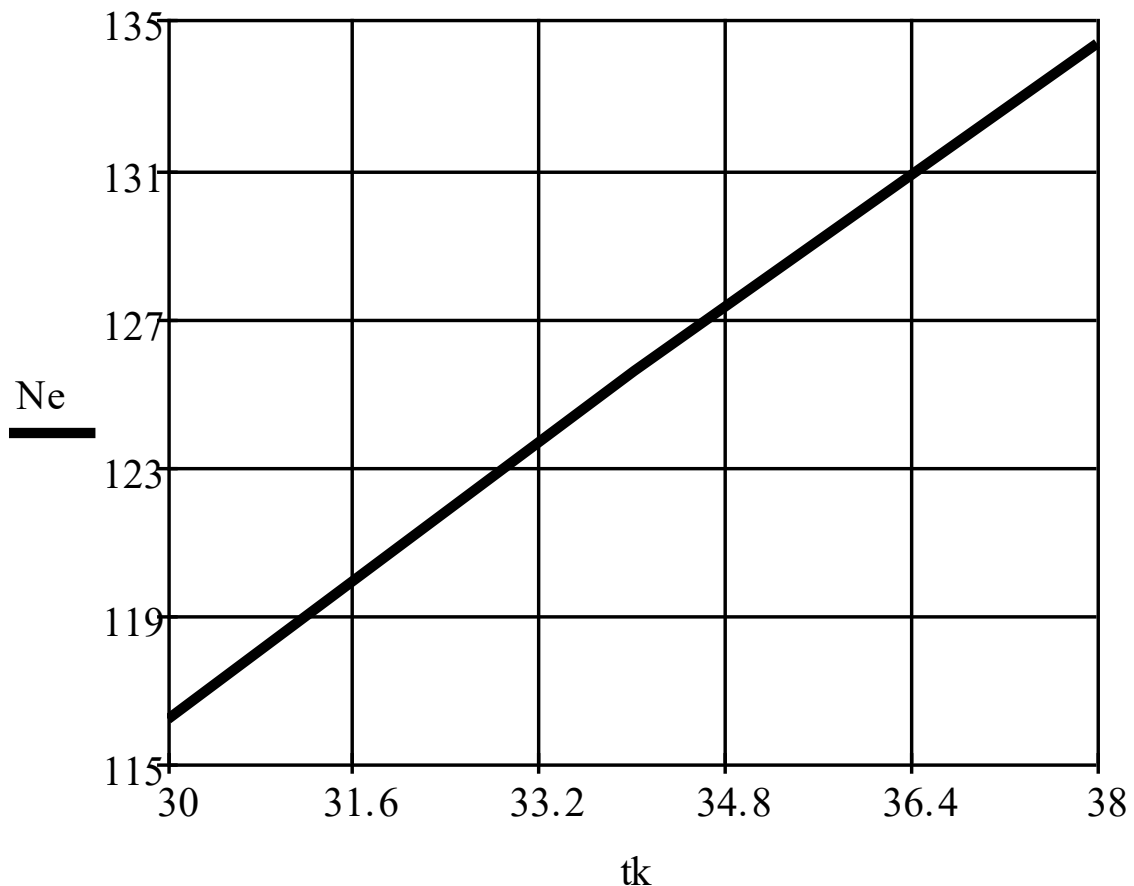


Рис.9. Залежність ефективної потужності на валу компресора  $N_e$  від температури конденсації  $t_k$

Як видно із графіка при зростанні температури конденсації збільшується навантаження на компресор, а відповідно збільшується і потужність на валу компресора, що веде до збільшення енергоспоживання.

### Залежність коефіцієнта теплопередачі від температури зовнішнього повітря.

$t_3, ^\circ\text{C}$	17	25	29
$K, \text{Вт/м}^2\text{К}$	80	200	250

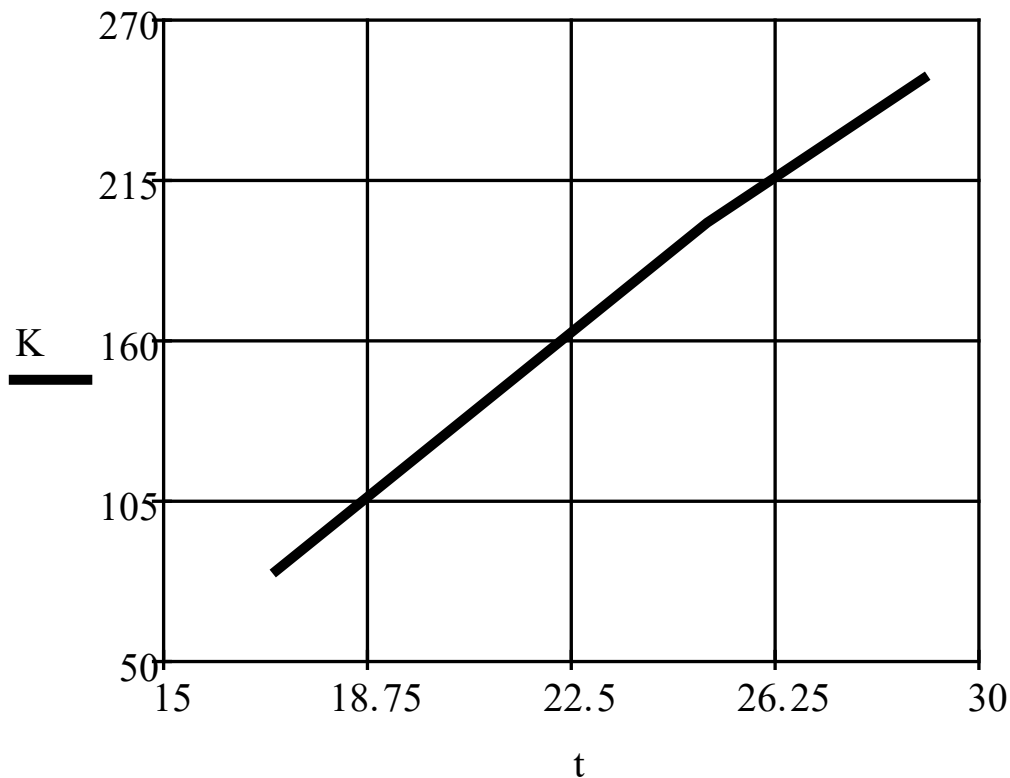


Рис.10. Залежність коефіцієнта теплопередачі  $K$  від температури зовнішнього повітря  $t$

Так як випарні конденсатори дають можливість використання їх як з подачею, так і без подачі води при включених і виключених вентиляторах, що дозволяє регулювати температуру конденсації в широких межах, економити воду та електроенергію. На рис. 14.3 представлений графік зміни коефіцієнта теплопередачі від температури зовнішнього повітря, відповідно при повному та частковому зрошенні.

**Залежність ефективної площі теплопередаючої поверхні від температури зовнішнього повітря.**

Для трьох значень температури зовнішнього повітря, розраховано навантаження на конденсатор і знайдена площа теплопередаючої поверхні та побудована залежність ефективної площі теплопередаючої поверхні від температури зовнішнього повітря.

$t_3, ^\circ\text{C}$	17	23	29
$F, \text{m}^2$	191	222	230

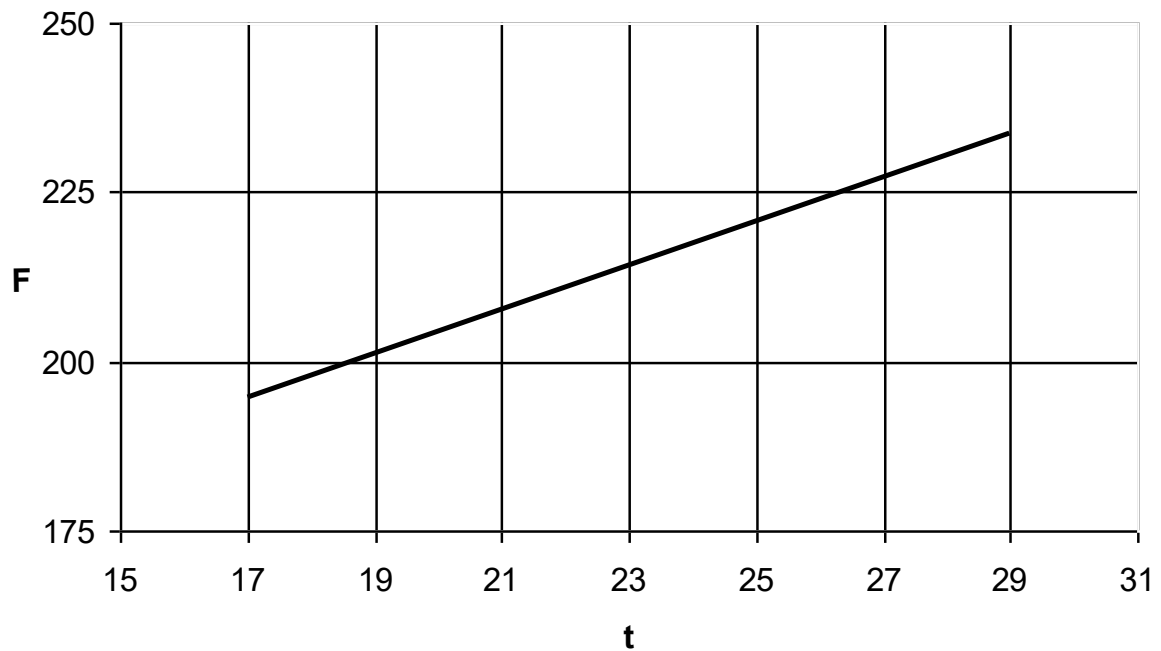


Рис.11. Залежність ефективної площі теплопередаючої поверхні від температури зовнішнього повітря

Як видно з графіка зі зменшенням температури зовнішнього повітря теплопритоки в камери зберігання зменшуються, відповідно зменшується навантаження на конденсатор, це дає змогу економити на енергоресурсах, а саме зменшення подачі води на зрошення, або виключенню вентиляторів конденсатора.

## 16. Розрахунок техніко-економічних показників

### Планова калькуляція собівартості

#### одиниці виробленого холоду

##### 16.1. Замовна специфікація на обладнання

Таблиця 18. Замовна специфікація на обладнання холодильної установки.

№ по схемі	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн.	Кількість, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресорні агрегати на базі компресорів typeC-5	GEA Grasso	724	20	2	1488
2	Компресорні агрегати на базі компресорів RCA 46	GEA Grasso	1367	20	1	1387
3	Конденсатор ВАС XE CXVT	ВАС	157	1,5	2	318,5
4	Повітроохолоджувачі STE 50 4A12W9	фірма ECO	7,5	0,1	11	83,6
5	Ресивер 1,5РД	ВАТ «Коростенский завод химического машиностроения»	2,58	0,3	2	5,76
6	Ресивера 1.5РДВ <sup>а</sup>	ВАТ «Коростенский завод химического машиностроения»	5,3	0,3	2	11,2
7	Насос аміачний 1,5ХГ-6х3-2,8-2	Валадайский насосний завод	13,9	1	2	29,8
8	Насос аміачний 2ХГ-5-4,5-2	Валадайский насосний завод	14,8	1	2	31,6
9	Система трубопроводів, арматури та автоматизації	СП «Металл Холдинг»	30%	-	1	971,9

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				

Разом вартість обладнання буде складати 4113 тис. грн. з врахуванням НДС.

## 16.2. Визначення кількості виробленого холоду

Витрати на виробництво холоду при різноманітних температурах кипіння нерівноцінні, тому їх слід приводити до умовної величини – приведенного виробництва холоду, яка визначається як сума добутків кількості виробленого холоду при робочих умовах на коефіцієнт переводу. Величина переводного коефіцієнту приймається в залежності від робочої температури.

Приведена холодопродуктивність, що забезпечує потреби камер зберігання охолоджених продуктів:

$$Q_0 = Q_{0(-7)} \cdot k_{-7} = 88,4 \cdot 0,67 = 59,2 \text{ кВт.}$$

$$Q_0 = Q_{0(-27)} \cdot k_{-27} = 73,1 \cdot 1,59 = 116,2 \text{ кВт.}$$

Загальна приведенного холодопродуктивність:

$$Q_0 = 175,4 \text{ кВт.}$$

Час роботи обладнання при максимальному навантаженні 5400 годин на рік.

Кількість виробленого приведенного холоду за рік буде складати:

$$Q_0 = 175,4 \cdot 5400 = 947317 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 16.3. Статті витрат

#### 16.3.1 Витрати на оплату електроенергії

По цій статті розраховують витрати на силову електроенергію для приводів компресорів, насосів та вентиляторів, що встановлені на основному холодильному обладнанні.

Річне споживання електроенергії визначається за формулою:

$$W = \sum N_e \cdot K_c \cdot n, \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_c$  - коефіцієнт використання;

$n$  – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

Перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії зведено до таблиці.

*Таблиця 19. Перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії.*

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год	Спожита електроенергія, кВт·год
1	Компресорні агрегати на базі компресорів type H C-5	25	1	5400	81000
	Компресорні агрегати на базі компресорів RCA 46	25	1	5400	135000
2	Конденсатор ИК-100	8x0,53	1	6000	33600
3	Повітроохолоджувачі STE 50 4A12W9	8x0,15	11	3000	39600
4	Аміачний насос	2,8	1	5000	14000

Разом річна витрата електроенергії 303200 кВт·год.

Тариф оплати за електроенергію складає 0,852 грн. за кВт·год. Тоді витрати на оплату електроенергії складатиме  $303200 \cdot 0,852 = 258,3$  тис. грн.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 16.3.2. Витрати на поповнення системи холодоагентом

Ці витрати знаходяться у прямій залежності від продуктивності компресорів. Норма витрати аміаку на поповнення системи за рік для компресорів, що працюють на безпосереднє охолодження складає 3,1 кг/(ст. кВт).

Витрати на поповнення системи аміаком, за умов вартості аміаку 2,8 грн./кг будуть складати:

$$V_{\text{аміак}} = (175,4 \cdot 3,1) \cdot 2,8 = 1,5 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.3. Витрати на поповнення системи мастилом

Незважаючи на те, що після кожного компресору встановлено мастиловідділювач, мастило виноситься з компресору. Кількість мастила, що виноситься з компресору пропорційно залежить від часів роботи компресорів.

Річна потреба в мастилі визначається за формулою:

$$M = \sum (g \cdot z \cdot n) \cdot \frac{n}{n_1}, \text{ кг;}$$

де  $g$  – норма витрати мастила на 1 циліндр поршневого компресора або на ротор гвинтового, кг/год;  $z$  – кількість поршнів або роторів, шт;  $n$  – кількість годин роботи компресору, год;  $n_1$  – нормативний час заміни мастила, год.

Для гвинтових компресорів  $g=0,12$  кг/год, для поршневих  $g=0,01$  кг/год, а нормативний час складає 2700 год.

$$M = \sum (0,01 \cdot 5400 \cdot (4 \cdot) + 0,12 \cdot 1 \cdot 5400 \cdot) \cdot \frac{5400}{2700} = 1728 \text{ кг.}$$

Витрати на поповнення системи мастилом при ціні на мастило 40 грн/кг складатиме:

$$V_{\text{маст}} = 1728 \cdot 40 = 69,1 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.4. Витрати на заробітну плату

Заробітну платню виробничих робітників розраховують по кожному розряду з врахуванням премії та доплат за роботу у нічний час і святкові дні.

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				

Чисельність робочого персоналу компресорного цеху приймається в залежності від ступеня автоматизації установки, кількості компресорів та їх загальної продуктивності.

На холодильниках більше 1000 т передбачається посада начальника цеху.

При комплексній автоматизації холодильної установки, кількості компресорів 5 шт. та загальній холодопродуктивності до 1744 кВт приймається 4 машиністів та помічників та 2 змінних машиніста, також приймаю 2 слюсаря.

Таблиця 20. Фонд по сплаті основної заробітної плати робітників.

Найменування професії та розряд	Тарифна ставка	Проект	Кіл-сть годин на місяць	Додаток за Шкідливість, 10%	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Машиніст III розряду	9,76	1	240	234,2	2342,4	30,9
Машиніст IV розряду	11,43	2	240	823	5486,4	72,4
Машиніст V розряду	13,4	2	240	643,2	6432	84,9
Машиніст VI розряду	15,7	1	240	376,8	3768	49,7
Слюсар ремонтник	10,9	2	240	523,2	5232	69,1
Разом						307,1

Фонд додаткової заробітної плати:  $\Phi ДЗП = \Phi ОЗП \cdot 0,08$

$\Phi ДЗП = 307,1 \cdot 0,08 = 24,6$  тис. грн.

Повний фонд заробітної плати:  $\Phi ЗП = \Phi ОЗП + \Phi ДЗП$

$\Phi ЗП = 307,1 + 24,6 = 331,6$  тис. грн.

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				54

$$\text{ВОПупр}=331,6 \cdot 0,3708 + 331,6 = 454,6 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 21. Фонд по сплаті основної заробітної плати апарату управління.

Найменування професії та розряд	Посадовий оклад	Чисельність	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Начальник цеху	27500	1	27500	900
Начальник зміни	55000	1	55000	600
Разом				1500

$$\text{Фонд додаткової заробітної плати: } \Phi\text{ДЗП} = \Phi\text{ОЗП} \cdot 0,25$$

$$\Phi\text{ДЗП} = 150 \cdot 0,25 = 307,5 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Повний фонд заробітної плати: } \Phi\text{ЗП} = \Phi\text{ОЗП} + \Phi\text{ДЗП}$$

$$\Phi\text{ЗП} = 150 + 37,5 = 1087,5 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на оплату праці апарату управління з нарахуваннями:

$$\text{ВОПупр} = \Phi\text{ЗП} \cdot 0,3708 + \Phi\text{ЗП} = 187,5 \cdot 0,3708 + 187,5 = 2057 \text{ тис. грн.}$$

Разом витрати по заробітній платі для холодильника становлять:

$$\text{ВОПх} = 454,6 + 257 = 7011,6 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.5. Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування на обладнання становлять 21,925%:

$$4113 \cdot 0,21925 = 901,8 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.6. Витрати на поточні ремонти

Витрати на поточні ремонти складають 50% від амортизаційних витрат:

$$V_{\text{поточні}} = 901,8 \cdot 0,5 = 450,9 \text{ тис. грн.}$$

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

### 16.3.7. Витрати на охорону праці

Фінансування заходів з охорони праці складає 0,2 % від фонду оплати праці. Ці кошти витрачають на реалізацію заходів для покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві, підготовки підприємства до робіт, придбання засобів індивідуального захисту тощо.:

$$V_{\text{оп}}=711,6 \cdot 0,002=1,42 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.8. Утримання будівлі

Вартість будівлі визначається 2250 грн. за кожен м<sup>2</sup> будівельної площі. Таким чином вартість будівлі буде складати  $2250 \cdot 3456=7776000$  грн. = =7776 тис. грн.

Амортизаційні відрахування на будівлі становлять 7,763%:

$$7776 \cdot 0,07763=603,7 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.9. Спрацювання швидкозносного інвентарю

Витрати на знос малоцінного та швидкозносного інвентарю складатиме 10%:

$$V_{\text{інв}}=4211,6 \cdot 0,1=421,2 \text{ тис. грн.}$$

### 16.3.10. Інші витрати

Інші витрати складають 0,5% від загально цехових витрат.

### 16.4. Цехові витрати

Калькуляція цехових витрат зведена до таблиці .

Таблиця 22. Собівартість одиниці виробленого холоду.

Статті витрат	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	258,3
Масило	69,1
Аміак	1,5
Оплата праці	7011,6

Амортизація	901,8
Поточні ремонти	450,9
Охорона праці	1,42
Утримання будівлі	603,7
Спрацювання інвентарю	421,3
Інші витрати	17,1
Разом	30436,7

### 16.5. Визначення цехової собівартості одиниці виробленого холоду

Собівартість стандартної одиниці виробленого холоду:

$$C = 30436,7 \cdot 10^3 / 947317 = 3,21 \text{ грн./ст.кВт}\cdot\text{год.}$$

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## 17. Охорона праці

### Вступ

В даному дипломному проєкті проєктується логістичний склад місткістю 2000 т. у м. Київ. Він проєктується із застосуванням сучасного холодильного обладнання, що має високий рівень автоматизації. В якості будівельних конструкцій та ізоляції холодильника використані сендвіч панелі з утеплювачем пінополіуретан. Для роботи холодильника використовується аміачна установка, її робота являється джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал.

Аміак - безкольоровий газ з задушливим різким запахом четвертого класу небезпечності, суміш парів якого з повітрям при об'ємному їх вмісті від 15 до 28% (107...200 мг/м<sup>3</sup>) являється вибухонебезпечною. Найбільший тиск взриву аміачно-повітряної суміші біля 0,45 МПа (4,5 кгс/см<sup>2</sup>). При об'ємному вмісті аміаку в повітрі вище 11% (78,5 мг/м<sup>3</sup>) і наявності відкритого вогню починається його горіння.

Фізичні і фізіологічні властивості аміаку :

Хімічна формула	NH <sub>3</sub>
Молекулярна маса, г/моль	17
Критична температура, °С	132,4
Критичний тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	11,52(115,2)
Температура кипіння (при 101,3 кПа), °С	-33,3
Затвердіння (при 101,3 кПа), °С	-77,9
Займання (при 101,3 кПа), °С	630

Об'ємний вміст аміаку в повітрі, мг/ м<sup>3</sup>:

Максимально можливе в робочій зоні	20
Небезпечне для життя	350...700
Вибуховий смертельний наслідок при впливі протягом 30...60 хв	1500...2700

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аміак навіть при незначних концентраціях має попереджувальний запах і робить дратівливі дії на очі і слизисті оболонки носоглотки. Рідкий аміак викликає опіки шкіри, велику небезпеку представляє попадання аміаку в очі.

### **Шум і вібрація**

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресори та їх двигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводах з великою швидкістю. 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 – 82 дБ, в ПУ - 50 – 55 дБ. Для зниження шуму в ПУ застосовують додаткову звукоізоляцію стін.

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 конструкції будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсаційні пристрої; трубопроводи, що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 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  $VIII_6$  освітленість становить 50 лк.

Для пульту керування прийнято загальне штучне освітлення – 100 лк. Для живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання застосовується напруга 12В. Аварійне і ремонтне освітлення машинного відділення мають освітлення від незалежного джерела (акумуляторної батареї). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення.

Для освітлення встановлено світильники типу ЛПО01 (з двома лампами), які підвішуються до стелі. В кількості 12 світильників, які розташовуємо в 2 ряди по 6 штук у кожному для забезпечення рівномірності освітлення.

### Техніка безпеки

На підприємстві наказом керівника призначаються відповідальні особи із числа інженерно-технічних робітників, які пройшли в установленому порядку перевірку знань правил з ОП, в тому числі, по нагляду за технічним станом і безпечною експлуатацією холодильної установки і дотримання вимог встановлених 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 автоматизації.

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ				

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця, в результаті якого вони освоюють обслуговування конкретної установки і підтримання нормальних режимів її роботи, і відповідної перевірки знань. Стажування проводять досвідчені наставники. Допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству. Холодильна установка обслуговується одним машиністом в зміну. Інструктаж по ОП 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 до лікарської допомоги проводять не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів по холодильній техніці, електротехніці, приладах автоматики і техніці безпеки.

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 (охолодного обладнання);
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання до лікарської 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;

						Арк.
					00.MP.142.003.013.ПЗ	61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, найближчої військової частини, начальника компресорного цеху (домашній телефон);
- номери телефонів і адреса організацій, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

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

### **Електробезпека**

Електрообладнання компресорного цеху відповідають вимогам ПУЕ „Правила улаштування електроустановок”, 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. Напруга в колах керування устаткуванням, що встановлено у приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, а також зовні приміщення, не перевищує 220В

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 допуск перед роботами);

					<i>00.MP.142.003.013.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

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

6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів;

7. Планово-попереджувальні роботи.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовується стрижневі блискавковідводи, які встановлено на даху машинного відділення, згідно РД 34.21.122.-87 „Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений”.

### Пожежо- і вибухобезпека

Відповідно до ОНТП24-86 (НАПБ Б 07-005-86) приміщення за вибухо- і пожежобезпекою поділяють на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д). Приміщення відноситься до А категорії. Якісним критерієм небезпеки приміщень (будівель) є наявність в них речовин з певними показниками вибухо-пожежної небезпеки. Кількісним критерієм визначання категорії є надмірний тиск (Р), який може розвинути при вибуховому загорянні максимально можливого скупчення (навантаження) вибухонебезпечних речовин у приміщенні. Аміак відноситься до категорії А (вибухонебезпечної). Пожежо- та вибухобезпека на підприємстві забезпечується відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. „Пожарная безопасность. Общитребования.”, ДНАОП 0.01-1.01-95 „Правила пожежної безпеки в Україні.”.

Система пожежного захисту включає:

- двері повинні відчинятися у бік виходу;
- наявність системи оповіщення про пожежу;
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежегасіння: двома лопатами, сокирами, металевим багром, пожежним щитом з азбестовим полотном, ящиком з піском, повітряно-пінні вогнегасники ВПП-5 – 1 шт, порошкові вогнегасники ВП-10 – 1 шт.;
- наявність плану евакуації.

										Арк.
										63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.142.003.013.ПЗ					

При роботі з горючими газами та легкозаймистими речовинами потрібно здійснювати контроль проби повітря в зоні дихання людини з урахуванням місць утворення шкідливих речовин і шляхів, якими вони потрапляють в робочу зону. Кількість проб та метод контролю визначається санітарними нормами та органами санітарного нагляду. У приміщеннях, де присутні речовини 1-го класу небезпеки та де може бути аварійний викид, повинен запроваджуватись безперервний контроль. Для інших випадків - періодичний.

На підприємстві що розглядається використовують безперервно-автоматичний метод контролю вмісту хімічних речовин в повітрі. Це означає – автоматичний контроль і сигналізацію про наявність в повітрі відповідних концентрацій шкідливої речовини. Для цього призначені газоаналізatori і газосигналізatori. Вони працюють на принципі зміни електричних властивостей речовини (електричного опору, електропровідності, електричної ємності) при хімічній реакції або при розчиненні в ній шкідливої речовини, яка контролюється. За зміною електричних властивостей встановлюються значення концентрації шкідливої речовини. До цієї групи належать прилади: ФЛ-5501 (універсальний газоаналізатор).

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## 18. Список використаної літератури

1. Явнель Б. К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1989. - 223 с.; ил.

2. Чумак И.Г., Никульшина Д.Г. Холодильные установки. Проектирование: Учеб. пособие для вузов. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 280 с.

3. <http://cde.nuft.edu.ua/> – Сайт дистанційного навчання НУХТ;

4. [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32096/1/refrigeration\\_equipment.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32096/1/refrigeration_equipment.pdf) – Холодильна техніка та технологія харчової промисловості: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: науково-допоміжний бібліографічний покажчик двома мовами 1960-2020 рр. / упоряд. Т.П. Фесун; Наук.-техн. б-ка ; Нац. ун-т харч. технологій. – Київ, 2020. – 211 с.

5. <http://ref.org.ua/info/articles/materialy-proektu-neat-gs-khau/> – матеріали проекту HEAT + ГС “Холодильна асоціація України”. Статті, законодавча база та технічна література.

6. <https://store.danfoss.com/ua> – обладнання для систем охолодження фірми Данфос.

7. [https:// Industrial Refrigeration Application Handbook | Danfoss /](https://IndustrialRefrigerationApplicationHandbook|Danfoss/) – навчальна література із застосування промислового холоду.

8. [https://www.academia.edu/28692186/HANDBOOK\\_REFRIGERATION](https://www.academia.edu/28692186/HANDBOOK_REFRIGERATION) – навчальна література по холодильному обладнанню.

9. <https://agrimoon.com/refrigeration-and-air-conditioning-pdf-book/> – навчальна література по холодильному обладнанню.

10. <https://epdf.tips/refrigeration-equipment.html> – навчальна література по холодильному обладнанню.

11. [www.grasso.nl](http://www.grasso.nl) – Вибір обладнання для систем охолодження фірми Grasso;

12. [www.bitzer.de](http://www.bitzer.de) – Вибір обладнання та розрахунки для систем охолодження фірми Bitzer;

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

**13.** Тітлов, О.С. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості: навч. посіб. / О.С Тітлов, С.Ф. Горикін.– Львів: Новий світ 2000., 2011.– 286 с.

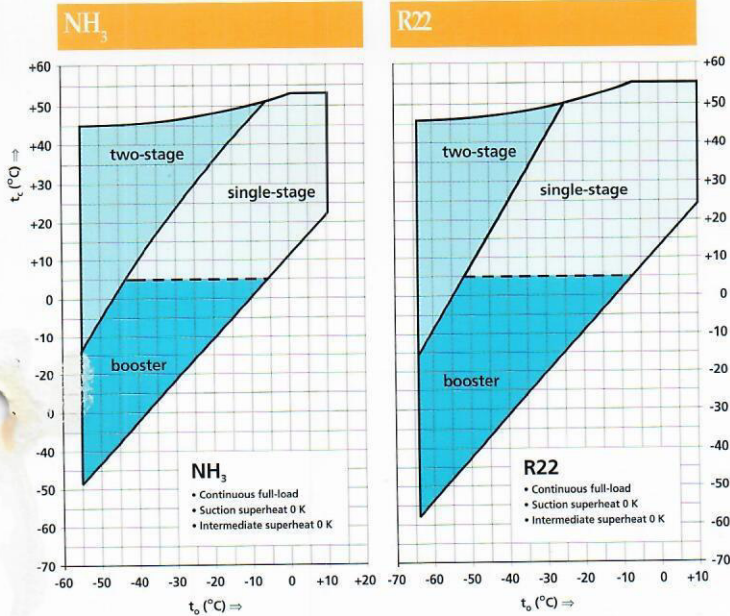
**14.** Теплохолодотехніка: навч. посіб. / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк, М.М. Масліков, Н.В. Іващенко, С.В. Барановська. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 258 с.

**15.** Холодильна техніка та технологія харчової промисловості: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: науково-допоміжний бібліографічний покажчик двома мовами 1960-2020 рр. / упоряд. Т. П. Фесун; Наук.- техн. б-ка ; Нац. ун-т харч. технологій. – Київ, 2020. – 211 с.

					00.MP.142.003.013.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

# PERFORMANCE DATA

## FIELDS OF APPLICATION

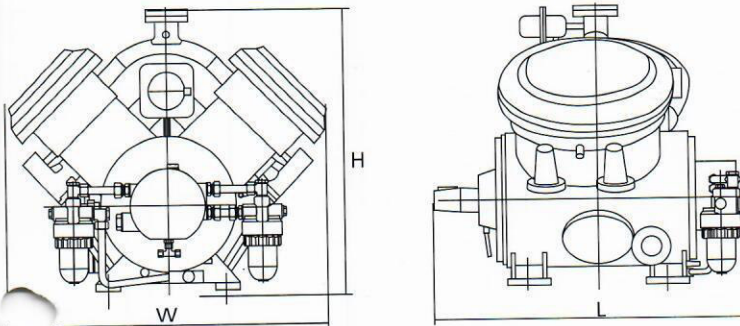


## CONVERSION INFORMATION

European unit	multiplied by	US unit
Millimeter (mm)	0.03937	Inch (in)
Millimeter (mm)	0.0032808	Foot (ft)
Degrees Centigrade (°C)	1.8 • °C + 32	Degrees Fahrenheit (°F)
Temp. Diff. Kelvin (K)	1.8	Degrees Fahrenheit (°F)
Cubic Meters per Hour (m <sup>3</sup> /h)	0.59	Cubic Feet per Minute (CFM)
Kilowatt (capacity) (kW)	0.2846	Ton (TR)
Kilowatt (power) (kW)	1.341	Brake Horsepower (BHP)
Kilogram (kg)	2.2	Pounds (lbs)

Capacities at other conditions and for different refrigerants such as R134a and R404A can easily be calculated with our COMSEL compressor selection programme which is also available on internet: [www.grasso.nl](http://www.grasso.nl)

## DIMENSIONS



Type	Dimensions (mm)			Mass (kg)
	L	W	H	
RC29	770	620	685	270
RC49	770	825	714	370
RC69	975	950	739	545
RC219	770	825	693	370
RC429	975	950	739	545

L = Length, W = Width, H = Height

## REFRIGERATION CAPACITIES [kW AT 1450 MIN<sup>-1</sup>]

### Single-stage

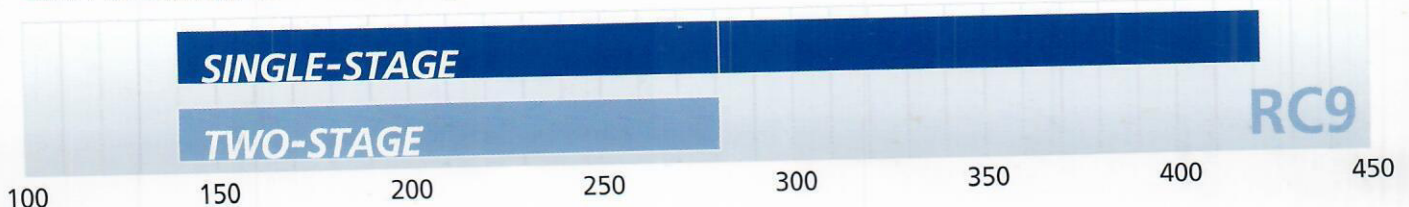
Type	NH <sub>3</sub>		R22	
	-15 °C	-5 °C	-15 °C	-5 °C
RC29	59.7	99.4	64.0	98.3
RC49	119.5	198.9	128.0	196.5
RC69	179.2	298.3	192.0	294.8

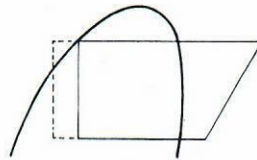
### Two-stage (system C for NH<sub>3</sub>, system B for R22)

Type	NH <sub>3</sub>		R22	
	-40 °C	-30 °C	-40 °C	-30 °C
RC219	22.6	38.6	28.6	42.8
RC429	45.2	77.2	57.3	85.5

Condensing temperature = +30 °C, Liquid subcooling = 5 K, Suction superheat = 5 K useful, Intermediate superheat = 6 K, Temperature difference interstage cooler = 10 K

## SWEPT VOLUMES [M<sup>3</sup>/H AT 1450 MIN<sup>-1</sup>]





### Single-stage

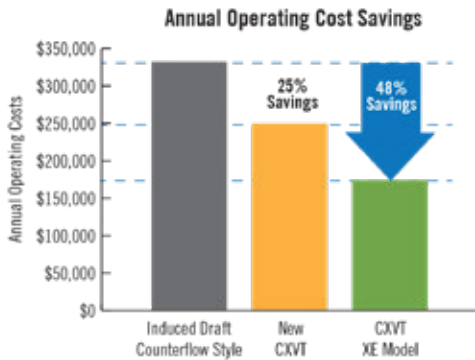
n = 1450 rpm

↓t <sub>0</sub> (°C)	↓Δt <sub>0</sub> (K)	→ t <sub>c</sub> (°C)						
			+20	+25	+30	+35	+40	+45
+ 5	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	261 300	249 700	237 700	225 600	213 200	200 600
	15		258 200	247 000	235 500	223 900	211 900	199 800
	25		255 900	245 100	234 000	222 800	211 200	199 500
	—	P <sub>e</sub> (kW)	38.5	43.2	48.0	52.9	57.7	62.3
0	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	218 600	208 300	197 700	187 000	176 100	165 000
	15		216 200	206 300	196 000	185 700	175 200	164 500
	25		214 300	204 700	194 800	184 900	174 600	164 200
	—	P <sub>e</sub> (kW)	37.9	42.2	46.5	50.7	54.8	58.6
- 5	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	181 100	172 000	162 700	153 200	143 600	133 800
	15		179 100	170 400	161 400	152 200	142 900	133 400
	25		177 700	169 200	160 400	151 600	142 500	133 300
	—	P <sub>e</sub> (kW)	36.9	40.7	44.4	47.9	51.2	54.0
-10	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	148 500	140 500	132 200	123 900	115 400	106 800
	15		147 000	139 200	131 200	123 200	114 900	106 500
	25		145 700	138 200	130 400	122 600	114 500	106 400
	—	P <sub>e</sub> (kW)	35.5	38.7	41.7	44.5	46.8	48.6
-15	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	120 200	113 100	105 800	98 400	90 900	83 300
	15		119 000	112 100	105 000	97 900	90 500	83 200
	25		118 000	111 300	104 500	97 500	90 300	83 100
	—	P <sub>e</sub> (kW)	33.6	36.1	38.4	40.2	41.5	42.3
-20	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	95 800	89 500	83 100	76 600	69 900	63 200
	15		94 800	88 700	82 400	76 100	69 600	63 100
	25		94 000	88 100	82 000	75 800	69 400	63 000
	—	P <sub>e</sub> (kW)	31.1	32.9	34.3	35.2	35.6	35.3
-25	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	74 800	69 300	63 600	57 800	51 900	46 000
	15		74 100	68 700	63 100	57 500	51 700	45 900
	25		73 500	68 200	62 800	57 200	51 600	45 900
	—	P <sub>e</sub> (kW)	28.1	29.1	29.6	29.6	29.1	28.1
-30	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	57 000	52 100	47 000	41 900	36 600	—
	15		56 500	51 600	46 600	41 600	36 500	—
	25		56 000	51 300	46 400	41 400	36 400	—
	—	P <sub>e</sub> (kW)	24.4	24.6	24.3	23.6	22.7	—
-35	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	42 000	37 500	33 000	—	—	—
	15		41 500	37 200	32 700	—	—	—
	25		41 200	36 900	32 500	—	—	—
	—	P <sub>e</sub> (kW)	20.2	19.8	19.0	—	—	—
-40	5	Q <sub>o</sub> (kcal/h)	29 300	25 300	—	—	—	—
	15		29 000	25 100	—	—	—	—
	25		28 800	24 900	—	—	—	—
	—	P <sub>e</sub> (kW)	15.9	15.2	—	—	—	—

# CXVT Benefits

## Lowest Operating Costs

*40% LOWER TOTAL COST OF OWNERSHIP WITH XE MODELS*



- Combined crossflow flow technology provides the highest capacity in the industry among the highest capacities in the industry in a single unit at the lowest refrigerant charge
- Up to 40% reduction of total cost of ownership with XE Models with average payback of less than one year
- Up to 60% lower refrigerant charge when compared to standard evaporative condensers
- Extremely efficient XE Models exceed local code minimum energy requirements including ASHRAE 90.1 (on average 3 times more efficient) and California Title 24 (on average 2 times more efficient)

## Highest Reliability

*UNMATCHED RELIABILITY AND LONGEVITY*

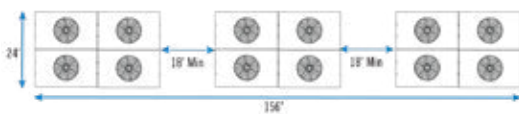
- Unmatched peace of mind with the optional ENDURADRIVE® Fan System which has no gears, belts or transmission parts and is backed by a 7 year warranty
- Enhanced longevity with a variety of durable unique materials of construction including EVERTOUGH™ Construction, TriArmor® Corrosion Protection System, Baltibond® Hybrid Coating, and stainless steel options
- Certified/complies with local codes including ASHRAE 90.1, Title 24, IBC, FM, ASHRAE 90.1, ASHRAE 189, California Title 24, and CRN

## Lower Installation Costs

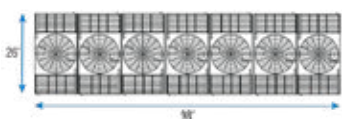
*SAVE TIME RIGGING*

- Lower operating weight reduces steel sizing and lower shipping weight reduces crane sizing
- Simple steel design and layout flexibility with dual air intakes and simplify piping with flexibility of coil connection location
- Save time and material on piping, welding, and valves with half the number of coil connections compared to standard evaporative condensers
- Single fan and motor reduce wiring and controls
- Reduce rigging and installation time with built in rigging guides and optional factory pre-assembled external platforms and ladders

Induced Draft Counterflow Style

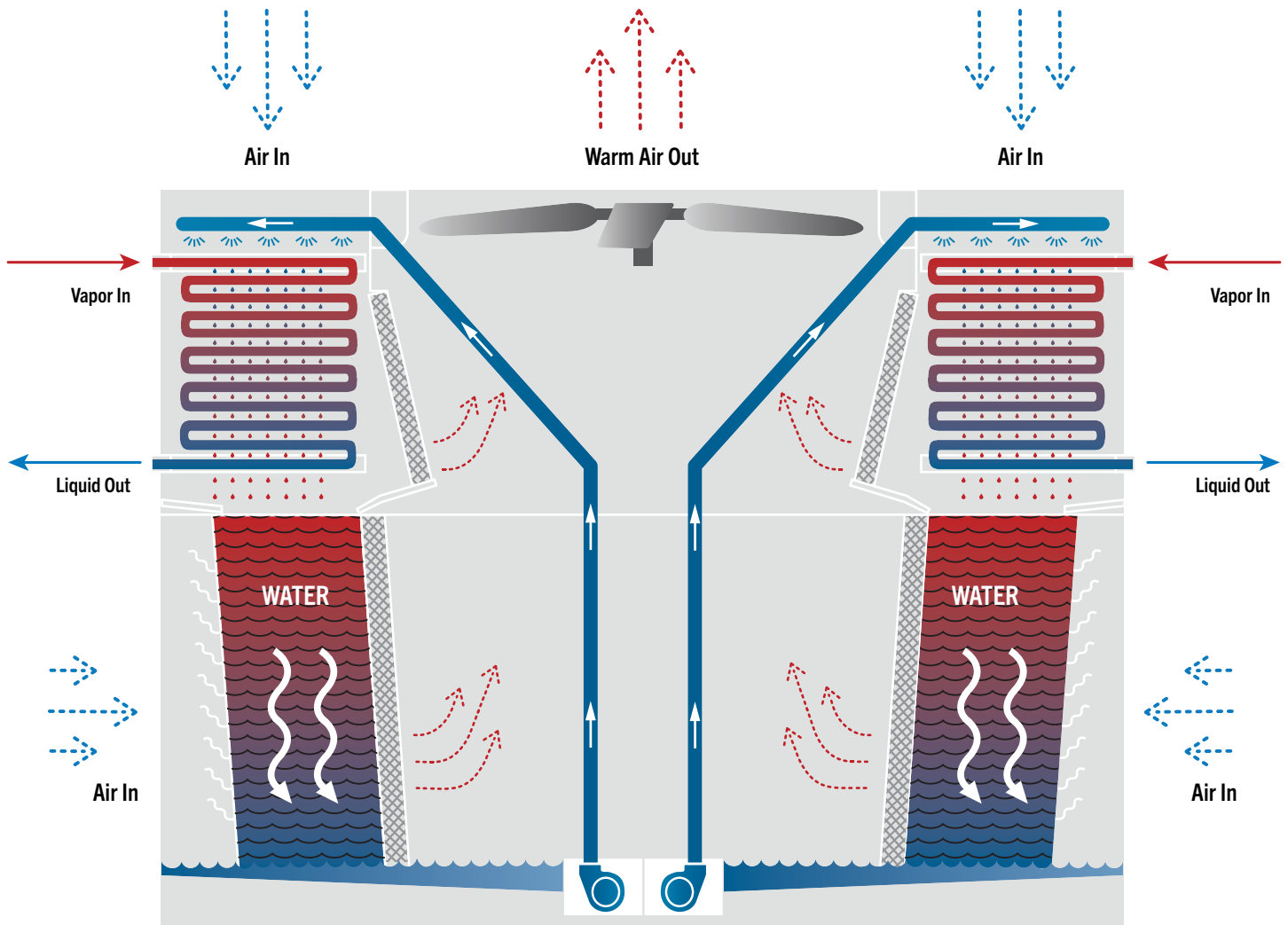


CXVT: Best Selection for Reducing Installation Cost



7 Cells: **Reduced by 5**

28 Refrigerant Connections: **Reduced by 20**



## CXVT Evaporative Condenser Principle of Operation

## CXVT Features & Options

540 - 2,114<sup>[1]</sup> tons // Combined Crossflow // Axial Fan // Induced Draft

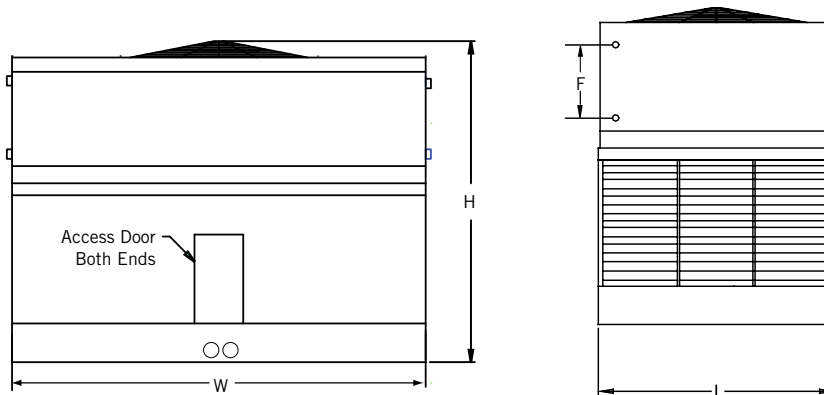
Features & Options	Page	Description
<b>MATERIALS OF CONSTRUCTION</b>		
G-235 Galvanized Steel	H3	Universally recognized for its strength and durability
TriArmor® Corrosion Protection System	H3	The ultimate in corrosion and leak protection for the basin at the best value; 10-year leak & corrosion warranty
EVERTOUGH™ Construction	H4	Combines the most corrosion resistant materials at the best value for most water chemistries including TriArmor® Corrosion Protection (basin), Baltibond® Hybrid Coating (structure), stainless steel (submerged components in basin), G-235 galvanized steel (coils, stainless available), and fiberglass reinforced polymer (casing panels and louvers)
Baltibond® Hybrid Coating	H4	Thermosetting hybrid polymer coating baked onto the G-235 galvanized steel creating another layer of protection
Welded Stainless Steel Cold Water Basin	H4	All steel panels and structural members of the basin are Type 304 stainless steel for increased corrosion resistance or job requirement
All Stainless Steel Construction	H5	All unit steel panels, structural elements, and the welded basin are Type 304 stainless steel for increased corrosion resistance or job requirement
Basinless Unit Construction	H6	Enables units to be directly installed on new or existing cold water basins; simplifies piping and pumping for multi-cells
Fiberglass Reinforced Polymer (FRP) Casing Panels	H6	Used with BAC's durable frame construction, FRP casing panels offer a more durable corrosion resistant unit
Steel Casing Panels and Louvers	H6	Available in G-235 mill galvanized steel, Baltibond® Hybrid Coating, and stainless steel
<b>COILS<sup>[2]</sup></b>		
Serpentine Coil	H8	Continuous prime surface steel coil; hot-dip galvanized after fabrication for corrosion resistance; fabricated per ASME B31.5 standards
Stainless Steel Coil	H8	Stainless steel coils available for special applications that require additional corrosion resistance
ASME U Designator Coil	H9	Certified in accordance with ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division I
Multiple Circuit Coils/Auxiliary Cooling Circuit	H10	Split coil configurations available to allow separate process fluid loops through the same unit
Copper Sweat Fittings	H10	Available to simplify field piping for glycol or freon retrofit opportunities
<b>DRIVE SYSTEM</b>		
Baltidrive® Power Train <sup>[3]</sup>	H12	Belt driven system with a multi-groove and cast aluminum sheaves; reliable and easy to maintain
ENDURADRIVE® Fan System	H12	Direct-drive fan system offers the highest reliability, lowest maintenance and energy costs giving you total peace of mind; 7 year motor warranty
Extended Lubrication Lines	H13	Easy lubrication of the fan shaft bearings from inside the access door
Baltiguard™ Fan System	H14	Two motors per fan; one motor for full speed and load, the other is a pony motor with 2/3 capacity
Gear Drive System, Close-Coupled Motor	H14	A nickel-alloy steel shaft, casehardened gears, self lubrication, and a single piece, gray cast iron; gear drive and couplings selected with a 2.0 service factor
Gear Drive System, Externally Mounted Motor	H15	A non-corrosive carbon-fiber composite drive shaft with stainless steel hubs is selected with a 2.0 service factor
Vibration Cutout Switch	H15	Protects against rotating equipment failure
<b>BASIN</b>		
Mechanical Water Level Control	H17	Maintains the water level in the basin with a float valve
Electric Water Level Control	H17	Maintains the water level with a conductivity actuator and a solenoid valve
Low and High Level Alarm Float Switches	H17	Alerts operators to abnormal conditions to ensure the highest system reliability
Basin Sweeper Piping	H18	Complete basin piping system with nozzles; easily connect 3rd party side stream filtration equipment
Basin Heaters	H18	Protect the basin water from freeze-up in below freezing ambient conditions

Features & Options	Page	Description
<b>WATER DISTRIBUTION SYSTEM</b>		
<b>Easy to Inspect Water Distribution System</b>	—	Inspect the water distribution system while the unit is operating
<b>Spray Water Pump</b>	H23	Integral spray water pump sized to distribute recirculating water over the coil
<b>FILL</b>		
<b>Fill</b>	H26	PVC fill for applications with spray water temperatures up to 130°F (54.4°C)
<b>High Temperature Fill</b>	H26	HPVC fill for applications with spray water temperatures up to 140°F (60°C)
<b>SHIPPING AND RIGGING</b>		
<b>Rigging Guides</b>	H29	Allow easy alignment and engagement of top and bottom sections, especially critical during multi-cell installations
<b>Knockdown Units</b>	H29	The unit ships disassembled for jobs where there are crane or other site limitations
<b>FANS AND SOUND</b>		
<b>Axial Fan</b>	H31	The axial fan optimizes low sound levels and maximizes thermal performance
<b>Low Sound Fan</b>	H31	Reduces sound up to 9 dBA
<b>Sound Attenuation</b>	H31	Available for the air intake and discharge to further reduce sound levels
<b>AIR INTAKE</b>		
<b>Louvers</b>	H33	The material of construction of the louver matches the unit casing panels; designed with greater spacing between louvers (12") and are completely separate from the fill section, reducing scale and ice accumulation and allows for unobstructed air flow through the unit
<b>Combined Inlet Shields</b>	H33	Constructed from corrosion and UV resistant PVC, bent flow path blocks sunlight from the cold water basin and fill section and acts as a screen to prevent debris from entering the unit
<b>Air Intake Screens</b>	H33	1" x 1" wire mesh screens are factory-installed over the air intake louvers to prevent debris from entering the unit and are CTI certified
<b>Coil Intake Screens</b>	H34	Shield the coil sections from large debris with a 1" x 1" screen
<b>AIR DISCHARGE</b>		
<b>Fan Cowl Extensions</b>	H36	Allow for unobstructed airflow on the discharge side, which helps ensure that the units are providing maximum capacity
<b>ACCESS</b>		
<b>Large Plenum Area for Access</b>	—	Two 34"W x 64"H hinged access doors are connected by an elevated walkway, provides access to the basin and drive system
<b>Motor Removal System</b>	H38	Includes a davit arm to facilitate motor replacement
<b>External Platforms and Ladder Packages</b>	H38	Factory preassembled and pre-fitted, attaches quickly in the field; easily inspect the spray distribution system while the unit is in operation
<b>Access Door Platform and Ladder Packages</b>	H39	Easily access the unit when installed on elevated supports
<b>Full or Partial Grating</b>	H40	Allows a person to walk above the coils for service; recommended if handrails are purchased
<b>Internal Walkway</b>	H40	Allows easy access to the plenum area of the basin, make-up, fill, and drive system

**NOTES:**

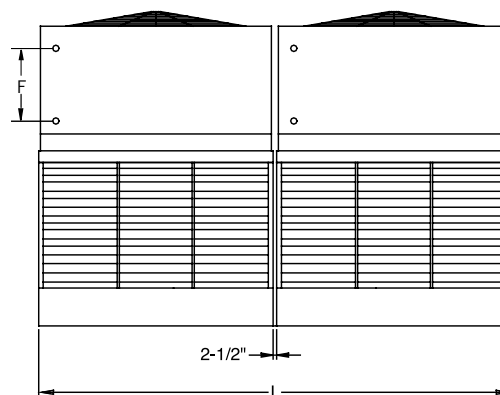
1. Nominal tonnage is R-717 tons at a 96.3°F condensing temperature, a 20°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
2. All condenser coils with steel connections are charged with 15 psig nitrogen at the factory prior to shipment. A Canadian Registration Number (CRN) is available for select galvanized and stainless steel coil configurations, contact your local BAC Representative for more information.
3. Motors are warranted for 7 years from date of shipment when space heaters are field-wired at time of initial installation.

# CXVT Engineering Data



End Elevation: CXVT Units

Side Elevation: CXVT-x-1224-x and CXVT-x-1426-x



Side Elevation: CXVT-x-2424-x and CXVT-x-2826-x



## NOTES:

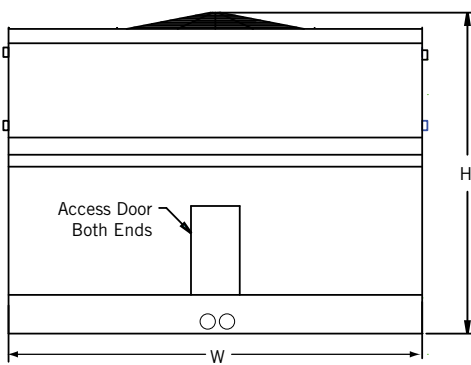
1. Model number denotes R-717 capacity in evaporator tons at a 96.3°F condensing temperature, a 20°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
2. R-22 tons are at a 105°F condensing temperature, a 40°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
3. Operating weight is for the unit with the water level at the overflow level and with the coil charged with R-717.
4. The R-22 operating charge is 1.93 times the R-717 charge; R-134a is 1.98 times.
5. Drain size is based on a bottom connection.
6. Coil connections also available on the end. For other refrigerants, contact your local BAC Representative for the coil connection quantity.
7. Coil inlet and outlet connections are beveled for welding.
8. Standard make-up, drain, and overflow connections are located on the bottom of the unit. Make-up connection is 1-1/2" MPT standpipe, drain is 2" FPT and overflow is 3" FPT.
9. Models shipped with an optional gear drive or low sound fan may have heights up to 10.5" greater than shown.

**Do not use for construction.** Refer to factory certified dimensions. This catalog includes data current at the time of publication, which should be reconfirmed at the time of purchase. Up-to-date engineering data, free product selection software, and more can be found at [BaltimoreAircoil.com](http://BaltimoreAircoil.com).

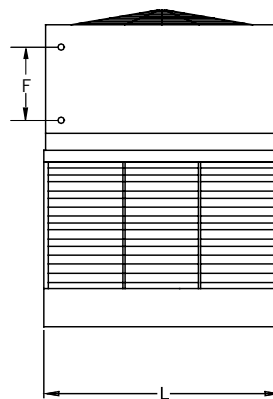
Nom. Box Size	Model Number <sup>(1)</sup>	Base Heat Rejection (MBH)	R-22 Tons <sup>(2)</sup>	Fan Motor (HP)	Airflow Rate (CFM)	Pump Motor (HP)	Spray Flow Rate (GPM)	Approximate Weight (lbs)			R-717 Oper. Charge <sup>(4)</sup> (lbs)	Internal Coil Volume (ft <sup>3</sup> )	Remote Sump			W	L	F	H
								Ship Weight	Heaviest Section	Oper. Weight <sup>(3)</sup>			Drain Size <sup>(5)</sup> (in)	Volume Req. (gal)	Approx. Oper. Weight (lbs)				
12' x 24'	CXVT-617-1224-15	12,783	781	15	130,551	(2) 7.5	1,900	37,521	12,967	50,354	843	91	12	1,625	47,263	24'-1"	11'-11"	4'-4"	18'-11"
	CXVT-650-1224-20	13,463	822	20	143,690			37,521	12,967	50,354	843	91			47,263			4'-4"	18'-11"
	CXVT-676-1224-25	14,014	856	25	154,785			37,521	12,967	50,354	843	91			47,263			4'-4"	18'-11"
	CXVT-700-1224-40	14,503	886	40	182,224			34,749	12,967	47,429	704	76			44,338			3'-7"	18'-11"
	CXVT-731-1224-50	15,159	926	50	196,295			34,749	12,967	47,429	704	76			44,338			3'-7"	18'-11"
	CXVT-754-1224-60	15,624	954	60	208,594			34,749	12,967	47,429	704	76			44,338			3'-7"	18'-11"
	CXVT-778-1224-50	16,131	985	50	195,017			37,521	12,967	50,354	843	91			47,263			4'-4"	18'-11"
	CXVT-813-1224-50	16,843	1,029	50	195,580			38,779	12,967	51,612	843	91			48,521			3'-10"	18'-11"
	CXVT-843-1224-60	17,483	1,068	60	207,834			38,779	12,967	51,612	843	91			48,521			3'-10"	18'-11"
	CXVT-887-1224-60	18,386	1,123	60	203,260			47,845	14,257	60,851	1,259	136			57,760			6'-1"	20'-7"
14' x 26'	CXVT-712-1426-20	14,761	901	20	157,445	(2) 7.5	1,900	39,107	14,498	55,454	824	89	12	2,000	51,494	26'-4"	13'-11"	3'-7"	19'-1"
	CXVT-741-1426-25	15,366	938	25	169,602			39,107	14,498	55,454	824	89			51,494			3'-7"	19'-1"
	CXVT-766-1426-30	15,879	970	30	180,229			39,107	14,498	55,454	824	89			51,494			3'-7"	19'-1"
	CXVT-807-1426-40	16,723	1,021	40	198,368			39,107	14,498	55,454	824	89			51,494			3'-7"	19'-1"
	CXVT-844-1426-50	17,484	1,068	50	213,686			39,107	14,498	55,454	824	89			51,494			3'-7"	19'-1"
	CXVT-894-1426-50	18,520	1,131	50	212,485			42,385	14,498	58,916	991	107			54,956			4'-4"	19'-1"
	CXVT-933-1426-50	19,337	1,181	50	212,610			43,798	14,498	60,328	991	107			56,368			3'-10"	19'-1"
	CXVT-965-1426-60	19,999	1,221	60	225,932			43,798	14,498	60,328	991	107			56,368			3'-10"	19'-7"
	CXVT-1005-1426-75	20,838	1,273	75	243,378			43,798	14,498	60,328	991	107			56,368			3'-10"	19'-7"
	CXVT-1057-1426-75	21,914	1,338	75	238,794			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	21'-3"
24' x 24'	CXVT-1234-2424-30	25,577	1,562	(2) 15	261,102	(4) 7.5	3,800	75,042	12,967	100,708	1,685	182	(2) 12	3,250	94,526	24'-1"	24'-1"	4'-4"	18'-11"
	CXVT-1300-2424-40	26,945	1,644	(2) 20	287,380			75,042	12,967	100,708	1,685	182			94,526			4'-4"	18'-11"
	CXVT-1352-2424-50	28,023	1,712	(2) 25	309,571			75,042	12,967	100,708	1,685	182			94,526			4'-4"	18'-11"
	CXVT-1400-2424-80	29,017	1,772	(2) 40	364,448			69,498	12,967	94,858	1,408	152			88,676			3'-7"	18'-11"
	CXVT-1462-2424-100	30,302	1,852	(2) 50	392,590			69,498	12,967	94,858	1,408	152			88,676			3'-7"	18'-11"
	CXVT-1508-2424-120	31,256	1,908	(2) 60	417,189			69,498	12,967	94,858	1,408	152			88,676			3'-7"	18'-11"
	CXVT-1556-2424-100	32,251	1,970	(2) 50	390,035			75,042	12,967	100,708	1,685	182			94,526			4'-4"	18'-11"
	CXVT-1626-2424-100	33,702	2,058	(2) 50	391,159			77,558	12,967	103,224	1,685	182			97,042			3'-10"	18'-11"
	CXVT-1686-2424-120	34,945	2,136	(2) 60	415,669			77,558	12,967	103,224	1,685	182			97,042			3'-10"	18'-11"
	CXVT-1774-2424-120	36,769	2,246	(2) 60	406,520			95,690	14,257	121,702	2,519	272			115,520			6'-1"	20'-7"
28' x 26'	CXVT-1424-2826-40	29,515	1,802	(2) 20	314,890	(4) 7.5	3,800	78,214	14,498	110,908	1,648	178	(2) 12	4,000	102,988	26'-4"	28'-1"	3'-7"	19'-1"
	CXVT-1482-2826-50	30,717	1,876	(2) 25	339,205			78,214	14,498	110,908	1,648	178			102,988			3'-7"	19'-1"
	CXVT-1532-2826-60	31,753	1,940	(2) 30	360,459			78,214	14,498	110,908	1,648	178			102,988			3'-7"	19'-1"
	CXVT-1614-2826-80	33,453	2,042	(2) 40	396,736			78,214	14,498	110,908	1,648	178			102,988			3'-7"	19'-1"
	CXVT-1688-2826-100	34,987	2,136	(2) 50	427,371			78,214	14,498	110,908	1,648	178			102,988			3'-7"	19'-1"
	CXVT-1788-2826-100	37,059	2,262	(2) 50	424,971			84,770	14,498	117,832	1,982	214			109,912			4'-4"	19'-1"
	CXVT-1866-2826-100	38,676	2,362	(2) 50	425,221			87,596	14,498	120,656	1,982	214			112,736			3'-10"	19'-1"
	CXVT-1930-2826-120	40,002	2,442	(2) 60	451,865			87,596	14,498	120,656	1,982	214			112,736			3'-10"	19'-7"
	CXVT-2010-2826-150	41,661	2,546	(2) 75	486,756			87,596	14,498	120,656	1,982	214			112,736			3'-10"	19'-7"
	CXVT-2114-2826-150	43,816	2,676	(2) 75	477,587			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	21'-3"

# CXVT Engineering Data

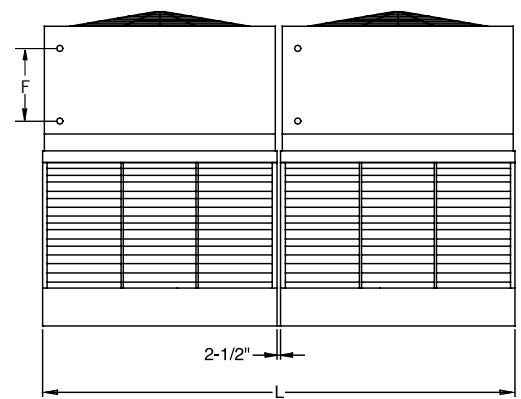
## XE Models



**End Elevation:**  
XECXVT Units



**Side Elevation:**  
XECXVTx-1224-x and XECXVTx-1426-x



**Side Elevation:**  
XECXVTx-2424-x and XECXVTx-2826-x



### NOTES:

1. Model number denotes R-717 capacity in evaporator tons at a 96.3°F condensing temperature, a 20°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
2. R-22 tons are at a 105°F condensing temperature, a 40°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
3. Operating weight is for the unit with the water level at the overflow level and with the coil charged with R-717.
4. The R-22 operating charge is 1.93 times the R-717 charge; R-134a is 1.98 times.
5. Drain size is based on a bottom connection.
6. Coil connections also available on the end. For other refrigerants, contact your local BAC Representative for the coil connection quantity.
7. Coil inlet and outlet connections are beveled for welding.
8. Standard make-up, drain, and overflow connections are located on the bottom of the unit. Make-up connection is 1-1/2" MPT standpipe, drain is 2" FPT and overflow is 3" FPT.
9. Models shipped with an optional gear drive or low sound fan may have heights up to 10.5" greater than shown.

**Do not use for construction.** Refer to factory certified dimensions. This catalog includes data current at the time of publication, which should be reconfirmed at the time of purchase. Up-to-date engineering data, free product selection software, and more can be found at [BaltimoreAircoil.com](http://BaltimoreAircoil.com).

Nom. Box Size	Model Number <sup>(1)</sup>	Base Heat Rejection (MBH)	R-22 Tons <sup>(2)</sup>	Fan Motor (HP)	Airflow Rate (CFM)	Pump Motor (HP)	Spray Flow Rate (GPM)	Approximate Weight (lbs)			R-717 Oper. Charge <sup>(4)</sup> (lbs)	Internal Coil Volume (ft <sup>3</sup> )	Remote Sump			W	L	F	H
								Ship Weight	Heaviest Section	Oper. Weight <sup>(3)</sup>			Drain Size <sup>(5)</sup> (in)	Volume Req. (gal)	Approx. Oper. Weight (lbs)				
12' x 24'	XECXVT540-1224-10	11,190	683	10	114,794	(2) 7.5	1,900	34,749	12,967	47,429	704	76	12	1,625	44,338	24'-1"	11'-11"	3'-7"	18'-11"
	XECXVT605-1224-10	12,539	766	10	114,376			38,779	12,967	51,612	843	91			48,521			3'-10"	18'-11"
	XECXVT636-1224-10	13,186	805	10	111,858			47,845	14,257	60,851	1,259	136			57,760			6'-1"	20'-7"
	XECXVT684-1224-15	14,184	866	15	128,046			47,845	14,257	60,851	1,259	136			57,760			6'-1"	20'-7"
	XECXVT721-1224-20	14,938	912	20	140,933			47,845	14,257	60,851	1,259	136			57,760			6'-1"	20'-7"
	XECXVT750-1224-25	15,550	950	25	151,815			47,845	14,257	60,851	1,259	136			57,760			6'-1"	20'-7"
	XECXVT775-1224-30	16,069	981	30	161,328			47,845	14,257	60,851	1,259	136			57,760			6'-1"	20'-7"
14' x 26'	XECXVT629-1426-10	13,030	796	10	124,964	(2) 7.5	1,900	39,107	14,498	55,454	824	89	12	2,000	51,494	26'-4"	13'-11"	3'-7"	19'-1"
	XECXVT698-1426-10	14,474	884	10	124,335			43,798	14,498	60,328	991	107			56,368			3'-10"	19'-1"
	XECXVT734-1426-10	15,221	930	10	121,993			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	20'-9"
	XECXVT790-1426-15	16,373	1,000	15	139,647			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	20'-9"
	XECXVT832-1426-20	17,244	1,053	20	153,702			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	20'-9"
	XECXVT866-1426-25	17,950	1,096	25	165,570			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	20'-9"
	XECXVT895-1426-30	18,549	1,133	30	175,945			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	20'-9"
	XECXVT942-1426-40	19,535	1,193	40	193,652			54,230	16,500	70,970	1,482	160			67,010			6'-1"	20'-9"
24' x 24'	XECXVT1080-2424-20	22,385	1,366	(2) 10	229,588	(4) 7.5	3,800	69,498	12,967	94,858	1,408	152	(2) 12	3,250	88,676	24'-1"	24'-1"	3'-7"	18'-11"
	XECXVT1210-2424-20	25,079	1,532	(2) 10	228,751			77,558	12,967	103,224	1,685	182			97,042			3'-10"	18'-11"
	XECXVT1272-2424-20	26,364	1,610	(2) 10	223,717			95,690	14,257	121,702	2,519	272			115,520			6'-1"	20'-7"
	XECXVT1368-2424-30	28,354	1,732	(2) 15	256,092			95,690	14,257	121,702	2,519	272			115,520			6'-1"	20'-7"
	XECXVT1442-2424-40	29,888	1,824	(2) 20	281,865			95,690	14,257	121,702	2,519	272			115,520			6'-1"	20'-7"
	XECXVT1500-2424-50	31,090	1,900	(2) 25	303,630			95,690	14,257	121,702	2,519	272			115,520			6'-1"	20'-7"
	XECXVT1550-2424-60	32,126	1,962	(2) 30	322,655			95,690	14,257	121,702	2,519	272			115,520			6'-1"	20'-7"
28' x 26'	XECXVT1258-2826-20	26,074	1,592	(2) 10	249,928	(4) 7.5	3,800	78,214	14,498	110,908	1,648	178	(2) 12	4,000	102,988	26'-4"	28'-1"	3'-7"	19'-1"
	XECXVT1396-2826-20	28,935	1,768	(2) 10	248,671			87,596	14,498	120,656	1,982	214			112,736			3'-10"	19'-1"
	XECXVT1468-2826-20	30,427	1,860	(2) 10	243,986			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	20'-9"
	XECXVT1580-2826-30	32,748	2,000	(2) 15	279,295			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	20'-9"
	XECXVT1664-2826-40	34,489	2,106	(2) 20	307,403			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	20'-9"
	XECXVT1732-2826-50	35,899	2,192	(2) 25	331,140			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	20'-9"
	XECXVT1790-2826-60	37,101	2,266	(2) 30	351,889			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	20'-9"
	XECXVT1884-2826-80	39,049	2,386	(2) 40	387,304			108,460	16,500	141,940	2,963	320			134,020			6'-1"	20'-9"

# CXVT Structural Support

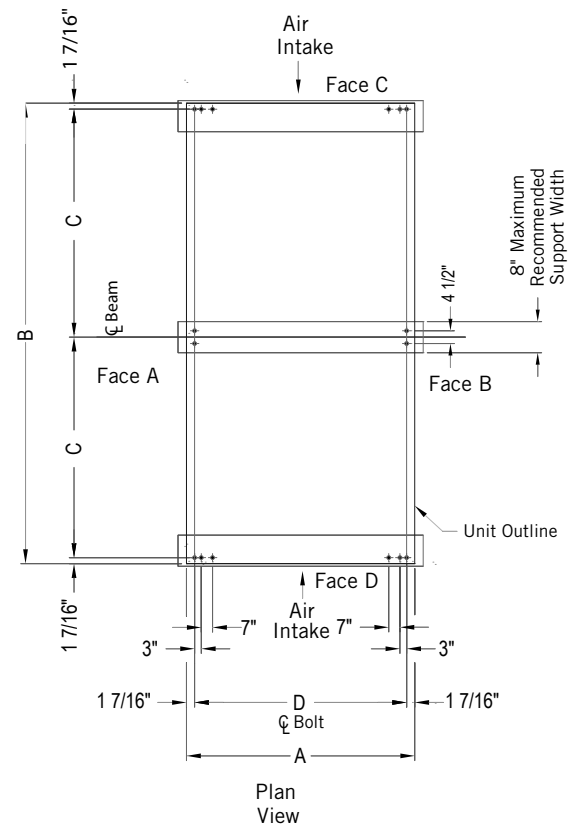
The recommended support arrangement for CXVT Evaporative Condensers consists of parallel structural members positioned per the tables below. In addition to providing adequate support, the members also serve to raise the unit above any solid foundation to ensure access to the bottom of the unit. To support CXVT on columns or in an alternate arrangement not shown here, consult your local BAC Representative.

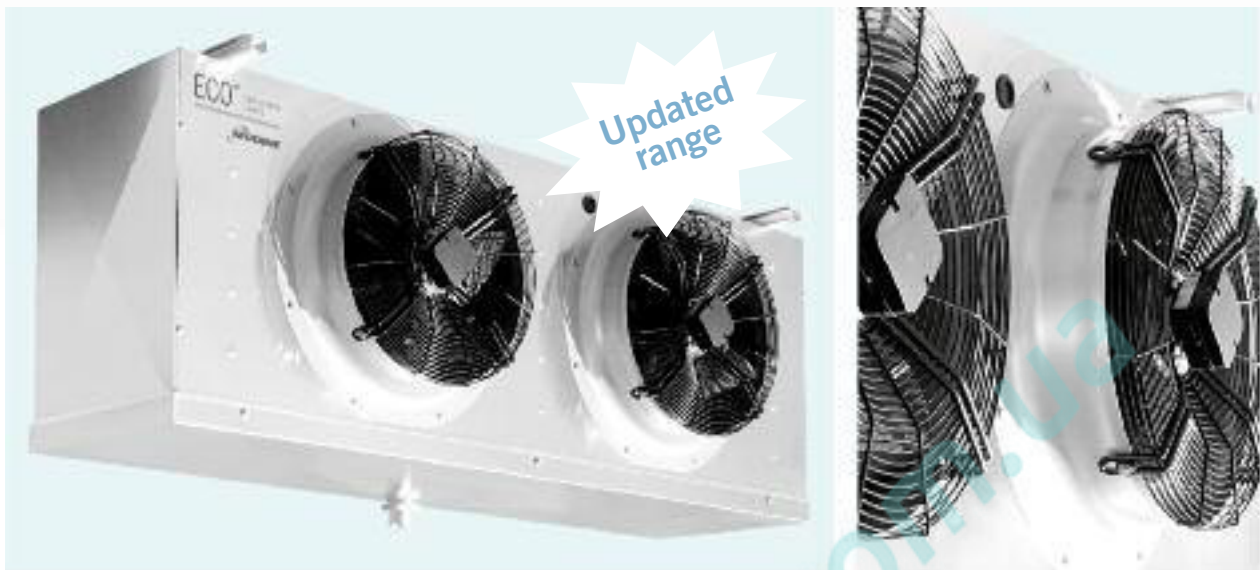
## CXVT

Model Number	A	B	C	D
CXVT-x-1224-x and XECXVTx-1224-x	11'-11"	24'-1/2"	11'-10 13/16"	11'-8 1/8"
CXVT-x-1426-x and XECXVTx-1426-x	13'-11 1/8"	26'-3 1/2"	13'-5/16"	13'-8 1/4"

### NOTES:

1. Support members and anchor bolts shall be designed, furnished, and installed by others.
2. Design of support members and anchor bolts shall be in accordance with the strength and serviceability requirements of the applicable building code and project specifications.
3. Support members shall be level at the top.
4. Refer to the certified unit support drawing for loading and additional support requirements.
5. If vibration isolation (provided by others) is used, the isolators should be located under a structural base that complies with one of the recommended support arrangements. Contact your local BAC Representative for all other isolator configurations.
6. CXVB 8.5' and 12' models can be cantilevered up to 2' on the side opposite the air inlet.





The **CTE** range of unit coolers is suitable for installation in cold rooms for the preservation of fresh or frozen products. The compact size of the unit allows to make maximum use of the storage space of the cold room in which it is installed.

The entire range is equipped with high efficiency coils made from special profile aluminium fins and inner-grooved copper tube, suitable for new generation refrigerants.

According to the room temperature the range is divided as follows:

- **CTE E4 - A4** for high temperatures ( $\geq +2$  °C) with 4,0 mm fin spacing;
- **CTE M6 - E6 - A6** for medium temperatures ( $\geq -15$  °C) with 6,0 mm fin spacing, electric defrost version (ED) is recommended;
- **CTE L8 - E8 - A8** for low temperatures ( $\geq -35$  °C) with 8,5 mm fin spacing, equipped with electric defrost (ED).

Die **CTE** Serie findet ihre Anwendung in Kühlräumen für die Aufbewahrung von Frisch- und Tiefkühlprodukten. Dank der Kompaktheit der Geräte wird der zur Verfügung stehende Raum, in dem sie installiert werden, bestens genutzt.

Die sehr leistungsfähigen Wärmeaustauscher, mit der die ganze Serie ausgestattet ist, werden aus Aluminiumlamellen mit Spezialprofil und innenberippten für die Anwendung der neuen Kältemittel geeigneten Kupferrohren hergestellt.

Je nach Zellentemperatur werden sie unterteilt:

- **CTE E4 - A4** für hohe Temperaturen ( $\geq +2$  °C) mit Lamellenabstand 4,0 mm;
- **CTE M6 - E6 - A6** für mittlere Temperaturen ( $\geq -15$  °C) mit Lamellenabstand 6,0 mm, elektrische Abtauung (ED) wird empfohlen;
- **CTE L8 - E8 - A8** für niedrige Temperaturen ( $\geq -35$  °C) mit Lamellenabstand 8,5 mm, mit elektrischer Abtauung versehen (ED).

Охладители с непосредственным охлаждением серии **CTE** предназначены для холодильных камер хранения свежих и замороженных продуктов. Компактность аппарата позволяет максимально использовать пространство камеры, в которой он установлен.

Вся серия оборудована рассчитанными на хладагенты нового поколения высокоэффективными змеевиками, изготовленными из медных труб с внутренним оребрением и алюминиевых ребер специального профиля.

В соответствии с температурой в камере серия подразделяется на следующие модификации:

- **CTE H4 - E4 - A4** для высоких температур ( $\geq +2$  °C) с шагом ребер 4,0 мм;
- **CTE M6 - E6 - A6** для средних температур ( $\geq -15$  °C) с шагом ребер 6,0 мм, рекомендуется исполнение с электрическим оттаиванием (ED);
- **CTE L8 - E8 - A8** для низких температур ( $\geq -35$  °C) с шагом ребер 8,5 мм, оборудованы системой электрического оттаивания (ED).

This range employs two types of standard fan motors:

- **A)** 500 mm diameter, external rotor three-phase 400V/3/50 Hz with epoxy coated steel fan guard.
- **B)** 630 mm diameter, external rotor three-phase 400V/3/50-60 Hz with epoxy coated steel fan guard.

The standard fan motors employed have the following features:

- IP 54 protection grade;
- class F insulation;
- inner thermal contact protection;
- operating temperature: maximum +40 °C.

The optional high efficiency EC fan motors have the following features:

- IP 54 protection grade;
- class B insulation;
- built-in electronic protection;
- min/max operating temperature -25/+60 °C.

Es werden zwei verschiedene Typen von Standardmotorventilatoren angewandt:

- **A)** Durchmesser 500 mm, Drehstrom 400V/3/50 Hz mit Außenrotor und Schutzgitter aus Stahl mit Epoxydlack behandelt.
- **B)** Durchmesser 630 mm, Drehstrom 400V/3/50-60 Hz mit Außenrotor und Schutzgitter aus Stahl mit Epoxydlack behandelt.

Die angewandten Standardmotorventilatoren besitzen die folgenden Eigenschaften:

- Schutzgrad IP 54;
- Isolierklasse F
- Innerer Temperaturwächter;
- Betriebstemperatur: maximale +40°C.

Die hochleistungsfähigen, optionalen EC-Motorventilatoren haben folgende technische Merkmale:

- Schutzgrad IP 54
- Isolierklasse B;
- Mit integrierter, elektronischer Schutzvorrichtung;
- Min/Max. Betriebstemperatur -25/+60 °C

В данной серии применяются два типа стандартных двигателей вентиляторов:

- **A)** диаметр 500 мм, с внешним ротором, питание трехфазным напряжением 400 В, 50 Гц, стальная с эпоксидным покрытием защитная решетка.
- **Е)** диаметр 630 мм, с внешним ротором, питание трехфазным напряжением 400 В, 50-60 Гц, стальная с эпоксидным покрытием защитная решетка.

Все модели имеют следующие характеристики:

- степень защиты IP 54
- класс изоляции F для Ø 350, 500, 630 мм;
- встроенное реле тепловой защиты;
- рабочая температура: максимальный +40 °C.

Дополнительные факультативные высокоэффективные моторвентиляторы ЕС обладают следующими характеристиками:

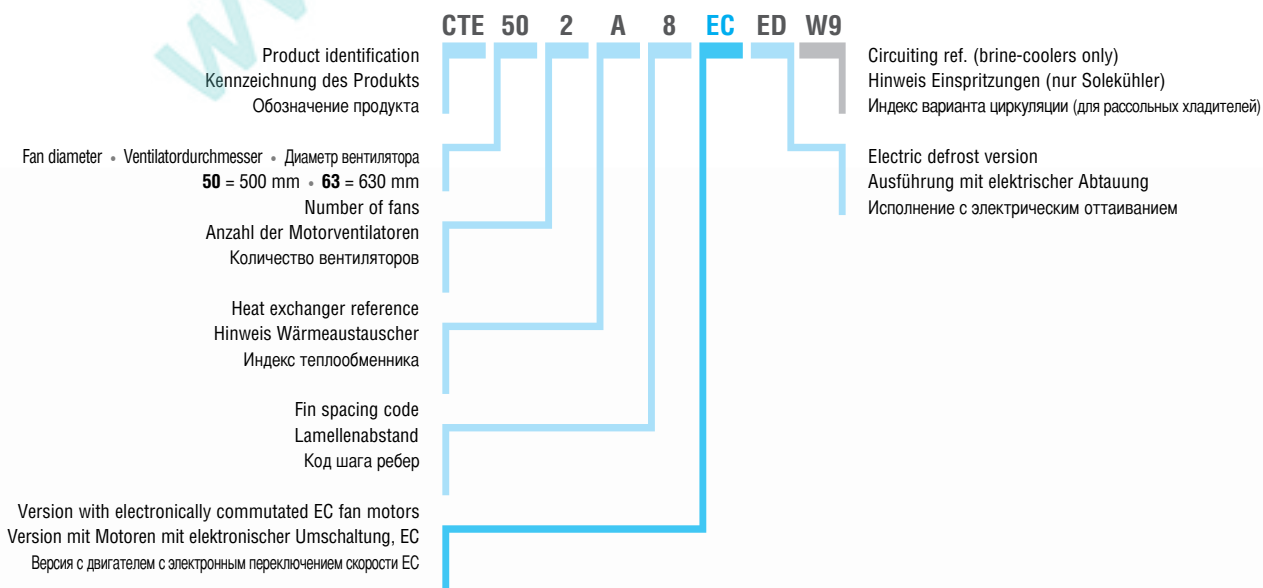
- степень защиты IP 54;
- класс изоляции В;
- встроенная электронная защита;
- рабочая температура мин./макс. -25/+60 °C;

For Ø 500 and 630 mm motors wiring not provided.

Für Motoren mit Ø 500 und 630 mm keine Verkabelung vorgesehen.

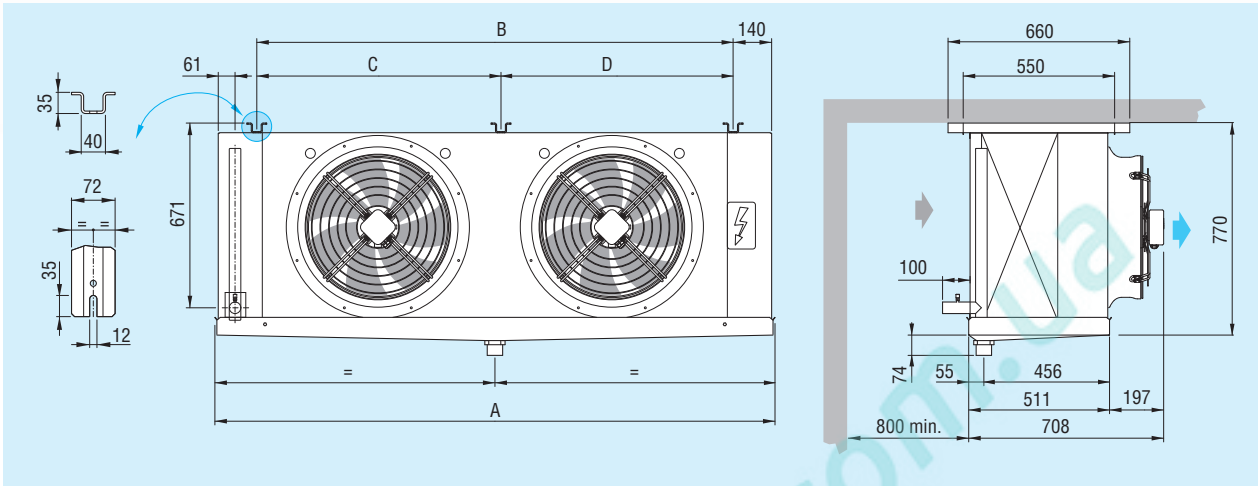
Для вентиляторов Ø 500 и 630 мм соединительные кабели не предусмотрены.

CTE Ø 500 / 630 mm - Model identification - Kennzeichnung der Modelle - Структура обозначения модели



Dimensional features - Dimensionale Eigenschaften - Размеры

CTE Ø 500 mm



Model	Modell	Модель	CTE Ø 500	501E4	502E4	503E4	-	
				501A4	502A4	503A4	504A4	
				501B4	502B4	503B4	504B4	
				501E6	502E6	503E6	-	
				501A6	502A6	503A6	504A6	
				501B6	502B6	503B6	504B6	
				501E8	502E8	503E8	-	
				501A8	502A8	503A8	504A8	
				501B8	502B8	503B8	504B8	
Dimensions	Abmessungen	Размеры	mm	A	1184	2034	2884	3734
				B	880	1730	2580	3430
				C	-	-	-	1730
				D	-	-	-	1700

The versions with standard electric defrost (ED) are equipped with stainless steel heaters with vulcanised terminals preset for 400V/3/50-60Hz connection.

The electric parts and casework are connected to a ground terminal, the wiring of the heaters is carried out in IP 54 protection grade junction box. On request the models can be equipped with non-standard: coils, defrosting and fan motors.

Select units with non published conditions with the "Scelte" selection program.

For special applications and further information consult our Technical Dept.

Die Ausführungen mit elektrischer Standardabtauung ED sind mit Heizstäben aus Edelstahl und vulkanisierten Endverschlüssen versehen und für den Anschluss 400V/3/50-60Hz vorgesehen.

Die elektrischen Teile und das Gehäuse sind an eine Erdungsklemme angeschlossen, der Anschluss der Heizstäbe erfolgt in Abzweigdose mit Schutzgrad IP 54. Auf Anfrage können die Modelle mit anderen Wärmeaustauschern, Abtauungen und Motorventilatoren als die Standardausführung geliefert werden.

Wählen Sie die Modelle, die nicht mit im Katalog angegebenen Standardbedingungen funktionieren, mit unserem Programm „Scelte“ aus.

Für Sonderanwendungen und zusätzliche Informationen fragen Sie unser technisches Büro um Rat.

Исполнения со стандартной электрической системой оттаивания (ED) оборудованы нагревателями из нержавеющей стали с покрытыми резиной наконечниками для трехфазного напряжения 400 В, 50-60 Гц.

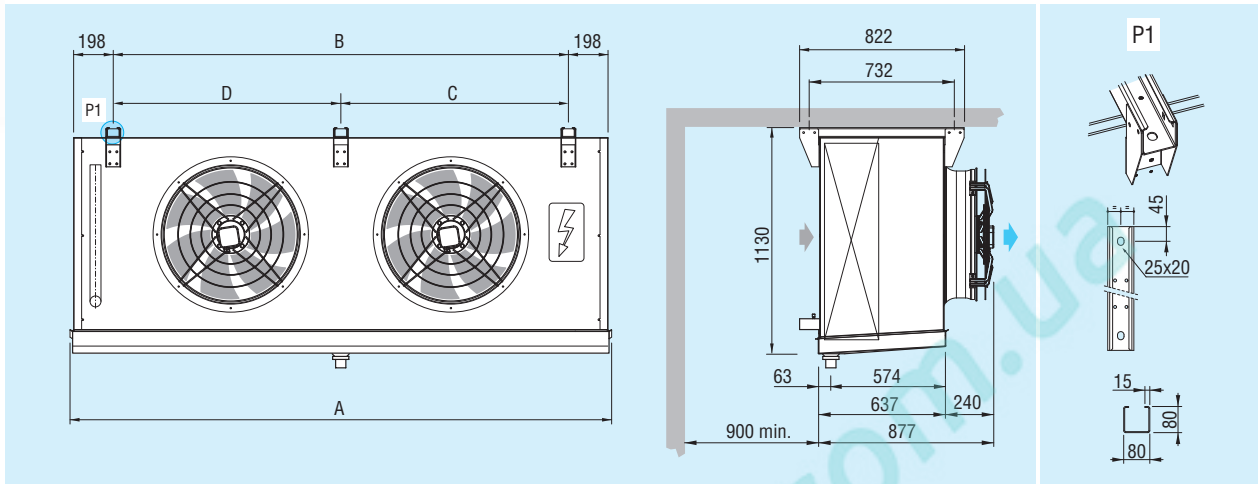
Электрооборудование и корпус присоединены к зажиму заземления, провода нагревателей подключены к коробкам со степенью защиты IP 54. По заказу эти модели могут оснащаться змеевиками, системой оттаивания и двигателями вентиляторов в особом исполнении.

Подбор моделей для условий, не вошедших в каталог, производится посредством программы "Scelte".

Дополнительную информацию и сведения о специальных применениях можно получить в нашем техническом отделе.

Dimensional features - Dimensionale Eigenschaften - Размеры

CTE Ø 630 mm

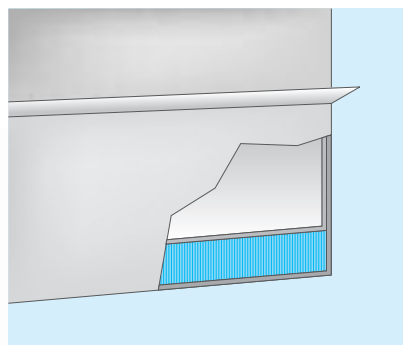


Model	Modell	Модель	CTE Ø 630	631E4	632E4	633E4	634A4	
				631A4	632A4	633A4	634A4	
				631B4	632B4	633B4	634B4	
				631E6	632E6	633E6	634A4	
				631A6	632A6	633A6	634A6	
				631B6	632B6	633B6	634B6	
				631E8	632E8	633E8	634A4	
				631A8	632A8	633A8	634A8	
				631B8	632B8	633B8	634B8	
Dimensions	Abmessungen	Размеры	mm	A	1606	2706	3806	4906
				B	1174	2274	3374	4474
				C	-	-	-	2237
				D	-	-	-	2237

Options and special versions - Optionen und Sonderausführungen  
 Дополнительные принадлежности и специальные исполнения



- Streamers
- Luftgleichrichter
- Стримеры



- Drain pan with insulation
- Isolierte Tropfwannen
- Поддон для конденсата с двойной изоляцией



- EC motor (electronically commutated)
- EC Motor (mit elektronischer Kommutation)
- ЕС мотор (коммутированный электроникой)

Technical features - Technische Eigenschaften - Технические характеристики

Model	Modell	Модель	CTE	Tested by TÜV SÜD						
				501E4	501A4	501B4	502E4	502A4	502B4	503E4
Nom. capacity	Nennleistung	Номинальная производительность	kW	10,9	13,8	15,5	22,8	27,3	30,5	33,4
Air flow	Luftmenge	Расход воздуха	m³/h	7190	6690	6310	14390	13380	12620	21580
Air throw	Wurfweite	Дальнобойность струи	m	27	26	25	29	28	27	29
1) Air throw streamers	Wurfweite streamers	Дальнобойность струи Стримеры	m	36	35	35	37	36	35	38
Fin spacing	Lamellenabstand	Шаг ребер	mm	4	4	4	4	4	4	4
Internal surface	Innenoberfläche	Внутренняя поверхность	m²	4,3	6,4	8,6	8,6	12,8	17,1	12,8
External surface	Außenoberfläche	Наружная поверхность	m²	35	53	71	71	106	142	106
Coil connect.	Batt. Anschlüsse	Соединения теплообменника	In tube (mm)	16	16	22	22	22	28	22
			Out tube (mm)	28	28	35	35	35	42	42
2) Net weight	Nettogewicht	Масса	kg	61	70	81	106	125	145	151

Model	Modell	Модель	CTE	Tested by TÜV SÜD						
				501E6	501A6	501B6	502E6	502A6	502B6	503E6
Nom. capacity	Nennleistung	Номинальная производительность	kW	9,6	12,4	14,1	18,8	24,7	28,4	29,2
Air flow	Luftmenge	Расход воздуха	m³/h	7620	7120	6750	15240	14240	13490	22850
Air throw	Wurfweite	Дальнобойность струи	m	28	27	26	30	29	28	30
1) Air throw streamers	Wurfweite streamers	Дальнобойность струи Стримеры	m	37	36	35	38	37	36	39
Fin spacing	Lamellenabstand	Шаг ребер	mm	6	6	6	6	6	6	6
Internal surface	Innenoberfläche	Внутренняя поверхность	m²	4,3	6,4	8,6	8,6	12,8	17,1	12,8
External surface	Außenoberfläche	Наружная поверхность	m²	24	37	49	49	73	98	73
Coil connect.	Batt. Anschlüsse	Соединения теплообменника	In tube (mm)	16	16	22	22	22	28	22
			Out tube (mm)	28	28	35	35	35	42	42
2) Net weight	Nettogewicht	Масса	kg	61	70	81	106	125	145	151

Model	Modell	Модель	CTE	Tested by TÜV SÜD						
				501E8	501A8	501B8	502E8	502A8	502B8	503E8
Nom. capacity	Nennleistung	Номинальная производительность	kW	8,4	10,9	13,1	16,7	21,8	26,5	24,9
Air flow	Luftmenge	Расход воздуха	m³/h	7780	7410	7110	15570	14830	14210	23350
Air throw	Wurfweite	Дальнобойность струи	m	29	28	27	31	30	29	31
1) Air throw streamers	Wurfweite streamers	Дальнобойность струи Стримеры	m	38	37	36	39	38	37	40
Fin spacing	Lamellenabstand	Шаг ребер	mm	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Internal surface	Innenoberfläche	Внутренняя поверхность	m²	4,3	6,4	8,6	8,6	12,8	17,1	12,8
External surface	Außenoberfläche	Наружная поверхность	m²	18	27	36	36	54	72	54
Coil connect.	Batt. Anschlüsse	Соединения теплообменника	In tube (mm)	16	22	22	22	28	28	28
			Out tube (mm)	35	35	35	35	42	42	42
2) Net weight	Nettogewicht	Масса	kg	61	70	81	106	125	145	151

Common data	Gemeinsame Daten	Общие характеристики		Tested by TÜV SÜD						
Fan motors	Motorventilatoren	Вентиляторы	n° x Ø mm	1x500	1x500	1x500	2x500	2x500	2x500	3x500
Fan mot. absorp.	Stromaufnahme Mot.	Потребляемый ток вентиляторов	A	1,7	1,7	1,7	3,4	3,4	3,4	5,1
Nominal power	Nennleistung	Номинальная производительность	W	770	770	770	1540	1540	1540	2310
Fan mot. absorp. EC	Stromaufnahme Mot. EC	Потребляемый ток вентиляторов EC	A	1	1	1	2	2	2	3
Nominal power EC	Nennleistung EC	Номинальная производительность EC	W	700	700	700	1400	1400	1400	2100
Circuit capacity	Rohrinhalt	Вместимость контура	dm³	7,8	11,7	15,6	15,1	22,6	30,2	22,4
Electric defrost	Elektrische Abtauung	Электрооттаивание	W	5040	5040	5040	10200	10200	10200	15000
Drain connect.	Tauwasserabfluß	Слив	Ø (GAS)	2	2	2	2	2	2	2

- 1) Option.
- 2) The weight refers to models with ED electric defrost.
- ✗ Use thermostatic valve with external pressure equalizer.
- For brine cooler capacities please use "Scelte" selection software.

- 1) Option.
- 2) Das Gewicht bezieht sich auf die Modelle mit elektrischer Abtauung ED.
- ✗ Thermostatisches Ventil mit Aussendruck Kompensator anwenden.
- Für die Leistungen der Solekühler verwenden Sie bitte das Auswahlprogramm "Scelte".

- 1) Вариант
- 2) Масса указана для модификаций ED с электрическим оттаиванием.
- ✗ Используйте терморегулирующий вентиль с внешним уравновешиванием давления.
- Для расчёта мощности рассольных охладителей, пожалуйста, используйте программу "Scelte".

503A4	503B4	504A4	504B4	631E4	631A4	631B4	632E4	632A4	632B4	633E4	633A4	633B4	634E4	634A4	634B4
42	47,2	51,3	58,6	23,4	29,1	33,3	45,6	58,7	62,5	69,0	87,9	101,0	96,7	107	126
20070	18940	26760	25250	15080	14265	13660	30160	28530	27320	45240	42795	40980	60320	57060	54640
28	27	29	28	29	28	27	33	32	31	35	34	33	37	36	35
37	36	40	39	67	66	65	71	70	69	74	73	72	75	74	73
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19,3	25,6	25,6	34,2	7	11	14	14	21	28	21	33	42	28	44	56
159	212	212	283	66	99	132	132	198	264	198	297	396	264	396	528
28	28	28	28	22	28	28	35	35	35	35	35	2 X 35	2 X 35	35	2 X 35
42	54	54	54	35	42	42	54	54	54	54	54	2 X 54	2 X 54	54	2 X 54
180	209	236	274	110	130	160	210	260	320	310	390	470	410	520	630

503A6	503B6	504A6	504B6	631E6	631A6	631B6	632E6	632A6	632B6	633E6	633A6	633B6	634E6	634A6	634B6
37,8	43,7	47,1	55,1	20	26	30,5	39,2	52,4	61,5	59,2	78,6	92,6	81,0	98,1	117
21360	20240	28480	26980	15485	15080	14470	30970	30160	28940	46455	45240	43410	61940	60320	57880
29	28	30	29	30	29	28	34	33	32	36	35	34	38	36	35
38	37	41	40	69	68	67	73	72	71	76	75	74	77	76	75
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
19,3	25,6	25,6	34,2	7	11	14	14	21	28	21	33	42	28	44	56
110	146	146	195	46	69	91	91	137	182	137	206	273	182	274	364
28	28	28	28	22	28	28	35	35	35	35	35	2 X 35	2 X 35	35	2 X 35
42	54	54	54	35	42	42	54	54	54	54	54	2 X 54	2 X 54	54	2 X 54
180	209	236	274	90	110	120	170	210	240	250	310	360	330	410	480

503A8	503B8	504A8	504B8	631E8	631A8	631B8	632E8	632A8	632B8	633E8	633A8	633B8	634E8	634A8	634B8
32,6	39,5	43,9	53,2	16,6	22,8	27,4	33,4	45,6	55,1	50,4	68,5	82,9	67,8	87,2	106
22240	21320	29660	28420	15780	15485	15080	31560	30970	30160	47340	46455	45240	63120	61940	60320
30	29	31	30	31	30	29	35	34	33	37	36	35	39	37	36
39	38	42	41	70	69	68	74	73	72	77	76	75	78	77	76
8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
19,3	25,6	25,6	34,2	7	11	14	14	21	28	21	33	42	28	44	56
81	108	108	144	34	51	67	67	101	134	101	152	201	134	202	268
28	28	35	35	28	28	28	35	35	35	35	35	2 X 35	2 X 35	35	2 X 35
42	54	54	54	42	42	42	54	54	54	54	54	2 X 54	2 X 54	54	2 X 54
180	209	236	274	80	90	100	150	170	200	220	260	300	290	340	390

3x500	3x500	4x500	4x500	1x630	1x630	1x630	2x630	2x630	2x630	3x630	3x630	3x630	4x630	4x630	4x630
5,1	5,1	6,8	6,8	3,7	3,7	3,7	7,4	7,4	7,4	11,1	11,1	11,1	14,8	14,8	14,8
2310	2310	3080	3080	1750	1750	1750	3500	3500	3500	5250	5250	5250	7000	7000	7000
3	3	4	4	2,61	2,61	2,61	5,22	5,22	5,22	7,83	7,83	7,83	10,44	10,44	10,44
2100	2100	2800	2800	1720	1720	1720	3440	3440	3440	5160	5160	5160	6880	6880	6880
33,6	44,8	44,6	59,4	14	21	28	28	42	56	42	63	84	56	84	112
15000	15000	19800	19800	5400	8100	10800	11760	17640	23520	17760	26640	35520	23400	35100	46800
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2



Tested models:  
CTE 501 E4  
CTE 501 E6  
CTE 501 A8