

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)

« ____ » _____ 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валентин Петренко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2025 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 логістичного складу у місті Львів з оптимізацією схемних рішень
холодильної установки

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-7М

_____ Прошкін Сергій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник _____ Форсюк Андрій Васильович

(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 – 2025 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**

проф. Петренко В.П.

“20” листопада 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Прошкін Сергій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект логістичного складу у місті Львів з оптимізацією схемних рішень
холодильної установки

керівник роботи доц. к.т.н Форсюк Андрій Васильович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 17.09.2025 року № 712-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи розрахувати камери для логістичного складу у м.
Львів, 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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 17.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	17.09-19.09.2025	
	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	20.09-17.11.2025	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	18.11-02.12.2025	

Здобувач _____
(підпис)

Прошкін С.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Форсюк А.В. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

У даному дослідженні представлено комплексний проєкт логістичного складу, розташованого у місті Львів. Об'єкт призначений для зберігання швидкопсувних харчових продуктів та забезпечення оптимальних умов логістичних операцій.

Складський комплекс включає спеціалізовані зони для зберігання заморожених м'ясних виробів (яловичини, свинини, баранини) та секції для готової охолодженої продукції. Планування об'єкта оптимізовано з урахуванням мінімізації площі зовнішніх огорожувальних конструкцій та скорочення довжини холодильних магістралей.

Всі камери складу з'єднані з центральним вантажним тамбуром, що забезпечує ефективну організацію логістичних процесів та швидкий доступ до експедиційної зони і транспортних майданчиків. Для термоізоляції використано сучасний пінополіуретан (ППУ) з високими теплотехнічними характеристиками.

Теплотехнічні розрахунки теплових навантажень на холодильні камери стали основою для підбору основного і допоміжного холодильного устаткування, що забезпечує високу енергоефективність та мінімальне споживання електроенергії під час експлуатації холодильної системи.

Особливу увагу приділено впровадженню найсучаснішого холодильного устаткування виробництва компанії GEA Grasso, що дозволяє забезпечити максимальну продуктивність при мінімальних інвестиційних та операційних витратах. Реалізована система прямого охолодження на основі аміачного холодоагенту з використанням інноваційних компресорних агрегатів і теплообмінного обладнання.

Ключові терміни: логістичний склад, пряме охолодження, аміак R717, натуральні холодоагенти, низький GWP, нульовий ODP, енергоефективність, теплоізоляція.

					00.MP.142.003.020.ПЗ			
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Проект логістичного складу у місті Львів з оптимізацією схемних рішень холодильної установки	Літера	Лист	Листів
Разраб	Прошкін С.В					у	4	88
Пров	Форсюк А.В							
Н. Контр.								
Затв.	Петренко В.П							
						НУХТ, ТЕХТ, ННІТІ		

Abstract

This research presents a comprehensive design of a logistics warehouse with, located in Lviv. The facility is intended for storing perishable food products and ensuring optimal conditions for logistics operations.

The warehouse complex includes specialized zones for storing frozen meat products (beef, pork, lamb) and sections for finished chilled products. The facility layout has been optimized to minimize the area of external enclosing structures and reduce the length of refrigeration lines.

All warehouse chambers are connected to a central cargo vestibule, ensuring efficient organization of logistics processes and quick access to the expedition area and transport platforms. Modern polyurethane foam (PPU) with high thermal insulation characteristics is used for thermal insulation.

Heat engineering calculations of thermal loads on refrigeration chambers formed the basis for selecting main and auxiliary refrigeration equipment, ensuring high energy efficiency and minimal electricity consumption during operation of the refrigeration system.

Special attention has been paid to implementing the most modern refrigeration equipment manufactured by GEA Grasso, which allows for maximum productivity with minimal investment and operational costs. A direct cooling system based on ammonia refrigerant has been implemented using innovative compressor units and heat exchange equipment.

Keywords: *logistics warehouse, direct cooling, ammonia R717, natural refrigerants, low GWP, zero ODP, energy efficiency, thermal insulation.*

					00.MP.142.003.020.II3	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		5

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до оптимізації схемних рішень холодильної установки логістичного складу з урахуванням сучасних вимог енергоефективності та екологічної безпеки.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи можуть бути використані при проектуванні та будівництві логістичних складів з холодильним обладнанням, а також при модернізації існуючих об'єктів холодильної інфраструктури.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 17 розділів основної частини, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінок.

					00.MP.142.003.020.ПЗ	Лист
						8
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Технологічна концепція логістичного складу передбачає здійснення повного циклу операцій: приймання, короткострокове збереження, переробку м'ясної сировини (яловичини та свинини) з виробництвом консервованої продукції, її охолодження і довгострокове зберігання готових виробів.

Приймання та первинна обробка сировини

Постачання сировини (м'ясо у вигляді напівтуш та четвертин) здійснюється автотранспортом з м'ясопереробних підприємств у замороженому вигляді. Після розвантаження проводиться зважування продукції, перевірка відповідності товаросупровідним документам, контроль санітарного стану та температурного режиму. Гранично допустима температура сировини при прийманні становить мінус 15°C.

Зазначені операції виконуються в експедиційній зоні з температурним режимом мінус 12°C, відносною вологістю 80-85 відсотків, природною циркуляцією повітря зі швидкістю 0,1-0,15 м/с. Штучне охолодження в цій зоні не передбачено. Підтримання необхідної температури досягається за рахунок теплообміну з суміжними холодильними камерами та допустимого отеплення продукції. Добовий обсяг вантажних операцій складає 50 тонн (визначено як одна сороковиста частка від загальної місткості об'єкта).

Зберігання заморожена сировина

Зберігання сировини відбувається у замороженому стані протягом максимум 180 діб при температурі мінус 20°C, відносній вологості повітря 80-85%, природній циркуляції зі швидкістю 0,1-0,15 м/с. Сумарна потужність камер для збереження сировини становить 800 тонн, що відповідає 40 відсоткам від загальної місткості логістичного комплексу.

Розподіл місткості камер зберігання охолодженої сировини:

- яловичина – 25 відсотків
- свинина – 25 відсотків
- курятина – 50 відсотків
-

										Лист
										9
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

00.MP.142.003.020.ПЗ

Технологічна переробка сировини

Обробка сировини здійснюється у спеціалізованих технологічних приміщеннях, обладнаних системою кондиціонування, з підтриманням температури плюс 12°C, відносною вологістю 40-60% і швидкістю повітря 0,1-0,15 м/с. Система кондиціонування має децентралізовану структуру. Кінцевою продукцією технологічного процесу є консервовані вироби, які надалі направляються на охолодження та зберігання.

Охолодження консервованих виробів

Процес охолодження консервів відбувається безпосередньо в камерах зберігання при нульовій температурі, відносній вологості 80-85% та штучній циркуляції повітря зі швидкістю 1,2-1,5 м/с, централізована система охолодження.

Зберігання готової продукції

Потужність секцій для зберігання готової продукції визначена з урахуванням загальної місткості складу та того факту, що 40% займає сировина, отже 1200 тонн. Продукція надходить з температурою плюс 15°C у пакованому вигляді, сформована у транспортні пакети (габарити 800×1200×1000 мм) на піддонах. У камерах пакети розміщуються на стелажних конструкціях. Температура в секціях зберігання підтримується на рівні 0°C, відносна вологість 80-85%, швидкість циркуляції повітря 1,2-1,5 м/с, централізоване штучне охолодження. Максимальний термін зберігання – 12 місяців.

Відвантаження готової продукції

Відпуск продукції зі складу здійснюється через експедиційну зону, де проводиться остаточна перевірка. У експедиції підтримується температура плюс 12°C, відносна вологість 80-85%, швидкість циркуляції повітря 1,2-1,5 м/с, штучне охолодження відсутнє. Для проведення вантажно-розвантажувальних робіт передбачено автомобільну рампу. Для здійснення вантажних операцій застосовуються електричні навантажувачі та штабелери потужністю орієнтовно 5 кВт.

										Лист
										10
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

00.MP.142.003.020.ПЗ

Таблиця 1. Температурні режими приміщень логістичного складу

Назва продукту	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Температура продукту, що надходить, °С	Температура продукту, що виходить, °С	Час холодної 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	Повітроохолоджувачі
Приміщення технологічної обробки	+12	40-60	0	+5	Не більше 2	-	Кондиціонування повітря
Камера зберігання сировини	-20	80-85	-10	-20	-	180-360	Повітроохолоджувачі
Експедиція готової продукції	+12	80-85	0	+5	Не більше 2	-	Без штучного охолодження

Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

11

РОЗДІЛ 2. Розрахунок часу холодильного оброблення продукції

2.1 Визначення тривалості процесу охолодження консервованих виробів

Для розрахунків прийнято, що консервована продукція надходить у секції зберігання з початковою температурою +15°C, температурний режим у приміщенні становить 0°C. Цільова температура продукту після охолодження - +5°C.

Теплофізичні властивості продукту (свинина):

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

Теплофізичні властивості повітря при температурі камери:

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

Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі від поверхні продукту до циркулюючого повітря:

$$\alpha = (\text{Nu} \cdot \lambda_{\text{пов}}) / \delta$$

де δ – товщина виробу, прийнята 0,1 м; Nu – критерій Нуссельта, метод визначення якого залежить від характеру руху повітря.

При примусовій циркуляції повітря (застосовується залежність І.Г.Чумака та В.М.Московченка):

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

де Re – критерій Рейнольдса для повітря:

$$\text{Re} = (w_{\text{пов}} \cdot \delta) / \nu_{\text{пов}}$$

де w – швидкість циркуляції повітря, прийнята 3 м/с.

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

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

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

Характерний розмір – половина товщини консерви (розглядається як пластина, оскільки діаметр істотно перевищує висоту):

Розрахунки для камер збереження заморожених м'ясопродуктів:

Камера №1, 2:

$$E_{\text{к}} = 288 \cdot 4,5 \cdot 0,85 \cdot 0,35 = 385,6 \text{ т.}$$

Розрахунки для камер збереження охолоджених консервованих виробів:

Камера №3, 4, 5:

$$E_{\text{к}} = 288 \cdot 4,5 \cdot 0,85 \cdot 0,65 = 716 \text{ т.}$$

Крім того, передбачається облаштування зони технологічної обробки, машинного цеху та адміністративно-побутових приміщень.

Площа машинного цеху встановлюється на рівні 15% від загальної площі холодильних камер, що становить $(288 \cdot 6) \cdot 0,15 = 216 \text{ м}^2$ (з округленням до цілісного значення кількості будівельних прямокутників).

Площа адміністративно-побутових та виробничих зон встановлюється на рівні 50% від загальної площі холодильних камер, що становить $(288 \cdot 6) \cdot 0,5 = 1080 \text{ м}^2$ (з округленням до цілісного значення кількості будівельних прямокутників).

Компонування приміщень холодильного комплексу представлено на рис. 1.

										Лист
										16
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

00.MP.142.003.020.ПЗ

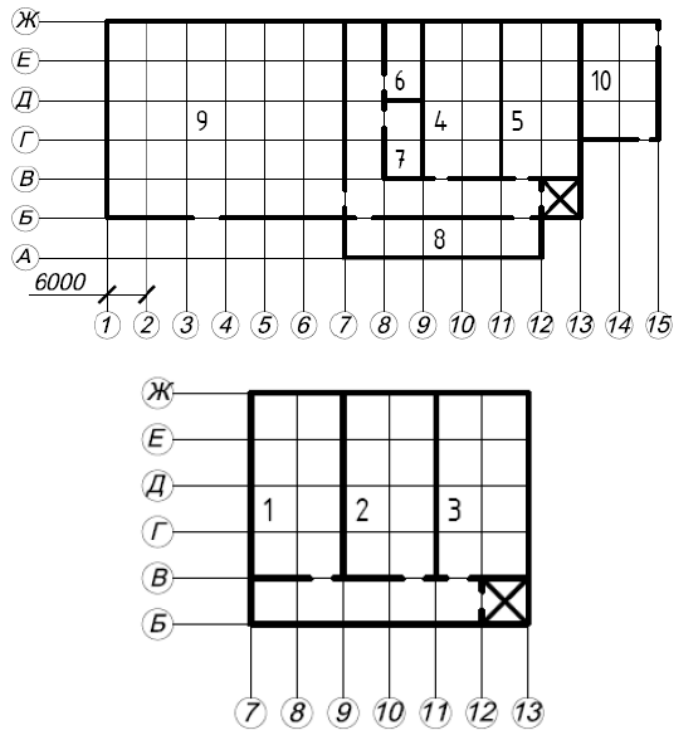


Рис. 1. Планування холодильника: 1, 2 – камери зберігання замороженої сировини -20°C ; 3, 4, 5 - камери зберігання готової продукції 0°C ; 6, 7 – експедиції замороженої та охолодженої продукції $-12^{\circ}\text{C}/+12^{\circ}\text{C}$; 8 – автомобільна платформа; 9 – службові та виробничі приміщення; 10 – машинне відділення.

Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

17

РОЗДІЛ 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Розрахунок теплоізоляційного шару проведено відповідно до температурних режимів камер та типових інженерних розрахунків.

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

Як теплоізоляційний матеріал приймаю для зовнішніх та внутрішніх стін плити ППУ. Технічна характеристика: коефіцієнт теплопередачі 0,035 Вт/(м²·К).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \cdot [1/k_0 - (1/\alpha_{в} + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_{н})], \text{ м}$$

де $\delta_{із}$, δ_i - товщини теплоізоляційного та будівельного шарів відповідно, м; $\alpha_{в}$, $\alpha_{н}$ - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стін відповідно, Вт/(м²·К); $\lambda_{із}$, λ_i - коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційного та будівельних шарів відповідно, Вт/(м·К); k_0 – коефіцієнт теплопровідності огорож, Вт/(м²·К).

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

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

де $\delta_{із}^{пр}$ - прийнята або стандартна товщина теплоізоляції, м.

Конструкції та властивості прошарків зведено до таблиці 2

Таблиця 2. Склад та теплофізичні властивості огорожі холодильника

Тип огороження	Найменування шарів огороження	Товщина δ_i , м	Коеф. теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)	Термічний опір $R_i = \delta_i/\lambda_i$, м ² ·К/Вт
Покриття	1. 5 шарів гідроізолу 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

Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

18

Підлога	1. Тяжкий бетон	0,04	1,86	0,0215
	2. Армована стяжка	0,08	1,86	0,043
	3. Плита ППУ	-	0,035	-
	4. Залізобетонна плита з електропідігрівачем	0,22	1,86	0,118
	5. Ущільнюючий насип	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
	4. Пароізоляція	0,004	0,3	0,013
	5. Плита ППУ	-	0,035	-
	6. Штукатурка	0,02	0,98	0,02
	Разом:			0,382

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару в таблицях 3 та 4.

Таблиця 3. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для камер зберігання охолоджених консервів (0°C)

Назва огорожі	$\alpha_{\text{зов}}$, Вт/(м ² ·К)	$\alpha_{\text{вн}}$, Вт/(м ² ·К)	k_0 , Вт/(м ² ·К)	R_i , м ² ·К/Вт	$\lambda_{\text{із}}$, Вт/(м·К)	$s_{\text{із}}$, м	$s_{\text{із}}^{\text{пр}}$, м	k_d , Вт/(м ² ·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

Зовн. Стіна	23	11	0,4	0,108	0,035	0,079	0,1	0,32
Внутр. 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 замороженої сировини (-20°C)

Назва огорожі	$\alpha_{\text{зов,}}$ Вт/(м ² ·К)	$\alpha_{\text{вн,}}$ Вт/(м ² ·К)	$k_0,$ Вт/(м ² ·К)	$R_i,$ м ² ·К/Вт	$\lambda_{\text{із,}}$ Вт/(м·К)	$s_{\text{із,}}$ м	$s_{\text{із}}^{\text{пр}}$, м	$k_d,$ Вт/(м ² ·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
Зовн. Стіна	23	11	0,23	0,108	0,035	0,144	0,15	0,22
Внутр. 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

$$q_3 = A \cdot F, \text{ Вт}$$

У даній формулі: А – питоме теплонадходження від освітлювальних приладів, Вт/м². Для камер збереження А = 2,3 Вт/м², для експедиції А = 4,7 Вт/м².

$$q_4 = N_{\text{ел}}, \text{ Вт}$$

У цій формулі: N_{ел} – потужність працюючих електродвигунів, Вт.

Розрахункові дані теплових надходжень систематизовано в таблицях 5, 6, 7.

Таблиця 4. Розрахунок теплонадходжень Q₁.

Назва огорожі	Напрямок	k _{ст} Вт/(м ² ·К)	F, м ²	Δt _т , °С	Δt _с , °С	θ, °С	Q ₁ , Вт
Камера №1 (-20)							
Стіна вн.	пн	0,24	81,3	35,7	0	35,7	697
Перегородка	ск	0,49	159,3	0	0	0	0
Стіна зовн.	пл	0,22	81,3	51	4,9	55,9	1000
Перегородка	зк	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.	ск	0,22	159,3	51	7,2	58,2	2040
Стіна зовн.	пл	0,22	81,3	51	4,9	55,9	1000
Перегородка	зк	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	ск	0,49	159,3	12	0	12	937
Стіна зовн.	пл	0,32	81,3	31	4,9	35,9	934
Стіна зовн.	зк	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	ск	0,49	159,3	0	0	0	0
Стіна вн.	пл	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Стіна зовн.	зк	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	ск	0,49	159,3	-20	0	-20	-1561
Стіна вн.	пл	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	зк	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 Q₁

Назва камери	M _{пр} , Т	i _{поч} , кДж/кг	i _{поч} , кДж/кг	Di, кДж/кг	Q _{2пр} , Вт	Dt, °C	c, кДж/ (К×кг)	M _т , Т	Q _{2т} , 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 7. Розрахунок експлуатаційних теплонадходжень

Назва камери	n	q ₁ , Вт	B, Вт/м ²	F, м ²	q ₂ , Вт	A, Вт/м ²	q ₃ , Вт	N _{еп} , 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

РОЗДІЛ 7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Конфігурацію системи охолодження логістичного комплексу з обробкою м'ясної продукції передбачено роздільною за всіма температурами випаровування. Таке конструктивне рішення забезпечить оптимальне застосування кожної системи на встановлену температуру випаровування.

Система охолодження камер передбачена прямою. Дане конструктивне рішення забезпечує економію електричної енергії завдяки вищій температурі випаровування порівняно з системою проміжного холодоносія.

Транспортування холодильного агента передбачено насосно-циркуляційним методом. Це забезпечить покращення теплообміну в камерному устаткуванні, що підвищить якість збереження продукції та зменшить втрати вологи. Для забезпечення аміачних насосів рідким аміаком та створення стовпа рідини передбачено вертикальний циркуляційний ресивер. Даний тип ресивера займає менший простір у машинному цеху та ефективніше виконує функцію розділення рідини від пари холодильного агента, який повертається з камерного устаткування.

Також передбачено дренажний ресивер, який приймає рідкий аміак під час відтайки та холодильний агент у разі ремонту чи випробування апаратів.

					<i>00.MP.142.003.020.ПЗ</i>	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		25

РОЗДІЛ 8. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

У процесі визначення навантаження враховано, що навантаження на камерне устаткування становить 100% для всіх категорій теплових припливів, а навантаження на компресорну установку: Q_1 - 80%, Q_2 - 100%, Q_4 - 50%, відповідно до нормативних вимог.

Розрахункові дані навантаження на камерне устаткування та компресорну установку систематизовано в таблиці 8.

Таблиця 8. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор

Назва камери	Q_1		Q_2		Q_4		ΣQ	
	Вт		Вт		Вт		Вт	
	(КО)	(КМ)			(КО)	(КМ)	(КО)	(КМ)
Камера №1 яловичина	8862	7090	4994		5166	2583	19022	14667
Камера №2 свинина	9341	7473	5624		5166	2583	20131	15680
Камера №3 готова продукція	9913	7930	20095		6668	3334	36676	31359
Камера №4 готова продукція	3295	2636	20095		6668	3334	30058	26065
Камера №5 готова продукція	-152	-122	18099		6668	3334	24615	21311

Визначення навантаження на компресорну установку з урахуванням 22 годин функціонування (максимальне навантаження):

$$Q_0 = Q \cdot k / 0,9, \text{ Вт}$$

У даній формулі: k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопровідній системі; для температурного режиму в камері -20°C $k = 1,09$, для температурного режиму в камері 0°C $k = 1,04$.

Для системи з температурним режимом 0°C :

Сукупне навантаження на компресорну установку від камер №3, 4, 5:

$$Q_{\text{KM}}(0) = 31359 + 26065 + 21311 = 78735 \text{ Вт}$$

$$Q_0(0) = (78735) \cdot 1,04 / 0,9 = 90983 \text{ Вт}$$

Для системи з температурним режимом -20°C:

Сукупне навантаження на компресорну установку від камер №1, 2:

$$Q_{KM}(-20) = 14667 + 15680 = 30347 \text{ Вт}$$

$$Q_0(-20) = (30347) \cdot 1,09 / 0,9 = 36753 \text{ Вт}$$

(у коефіцієнтах зазначені температурні режими повітря в камерах)

					00.MP.142.003.020.ПЗ	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		27

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

У проєкті здійснюється порівняльний аналіз двох аміачних парокompресійних двоступінчастих холодильних установок: першої з двома циркуляційними ресиверами (рис. 2) та другої з одним циркуляційним ресивером (рис. 3). Обидві установки будуть централізованими, функціонуватимуть за принципом прямого охолодження і будуть розраховані на два температурних режими випаровування.

Обрання централізованої системи прямого охолодження обґрунтовується тим, що вона характеризується вищою економічністю завдяки невеликому температурному перепаду між повітрям у камері і температурою випаровування, а зменшення температурного перепаду на 5°C скорочує споживання електричної енергії приблизно на 15%.

Передбачається встановлення поршневого компресора. Головна перевага поршневих холодильних компресорів порівняно з гвинтовими полягає в вищій енергетичній ефективності. В умовах високої вартості електричної енергії ця перевага надає в низці випадків визначальний вплив на обрання саме поршневого компресора, незважаючи на те, що за показниками надійності і тривалості експлуатації він поступається гвинтовому.

Передбачається встановлення випарних конденсаторів, що застосовуються при високих температурних показниках навколишнього повітря. Випарні конденсатори забезпечують отримання достатньо низьких температур конденсації при мінімальних витратах води. Широке застосування випарних конденсаторів пояснюється можливістю їх використання як з подачею, так і без подачі води при ввімкнених і вимкнених вентиляторах, що забезпечує регулювання температури конденсації в широкому діапазоні, економію води та електричної енергії.

Передбачається система охолодження повітроохолодниками, при якій у камері створюється примусова циркуляція повітря під впливом вентиляторів повітроохолодника.

Перевагами даної системи є:

- невелика металоємність порівняно з батарейним охолодженням
- рівномірність розподілу температури по всьому об'єму камери
- простота відтайки інею

Головним недоліком даної системи є втрата вологи продуктом, яку компенсують шляхом застосування пакувальних матеріалів та зволоженням камер.

Визначення розрахункового робочого режиму

Режим функціонування характеризується температурами випаровування, конденсації, переохолодження та всмоктування.

Температура конденсації визначається температурою навколишнього середовища. Температуру конденсації для випарних конденсаторів визначають за мокрим термометром та густиною теплового потоку.

Температуру випаровування в установках з прямим охолодженням визначаємо залежно від розрахункової температури повітря в камері.

При проєктуванні аміачних холодильних установок температуру випаровування визначають на 5-10°C нижче температури повітря в камері:

$$t_0 = t_v - (5...10)^\circ\text{C}$$

У даній формулі: t_v – температура повітря в камері, °C.

Температура випаровування:

Для камер з температурним режимом 0°C:

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

Для камер з температурним режимом -20°C:

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

Температура конденсації для прямої системи:

Температуру конденсації визначаю згідно графіку та попередньо визначеному тепловому навантаженні $q = 2,5 \text{ кВт/м}^2$:

$$t_{\text{MT}} = 23^\circ\text{C}; t_{\text{K}} = 36^\circ\text{C}$$

У даній формулі: t_{MT} – температура мокрого термометра при параметрах зовнішнього повітря, °C.

Температура всмоктування:

$$t_{\text{BC}} = t_0 + (5...10)^\circ\text{C}$$

										Лист
										29
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

00.MP.142.003.020.ПЗ

Для камер з режимом 0°C:

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

Для камер з режимом -20°C:

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

Температура всмоктування компресорів другого ступеня відповідає температурі насичення проміжної посудини.

Температура переохолодження:

Переохолодження у конденсаторі визначаю 5°C.

Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння -7°C

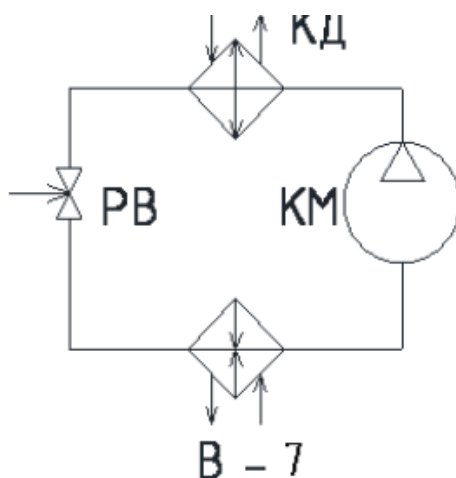


Рис. 3. Схема холодильної машини на температуру кипіння -7°C

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 9.

Таблиця 9. Параметри характерних точок

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, 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, м³/кг	0,37	0,38	0,12	0,0018	0,05

Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння -7°C

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{0(-7)} / (h_{1'} - h_4), \text{ кг/с}$$

$$M = 90,98 / (1453 - 342) \cdot 10^3 = 0,082 \text{ кг/с}$$

Тепловий розрахунок холодильних машин наведено в таблиці 10.

Таблиця 10. 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 ³ /с	0,031
Коефіцієнт подачі: $\lambda = \lambda_T \cdot \lambda_i$	0,69
Коефіцієнт невидимих втрат: $\lambda_T = T_0/T_K$	0,86
Коефіцієнт втрат мертвого простору та депресії клапанів: $\lambda_i = (p_0 - \Delta p_0)/p_0 \cdot [1 + c - ((p_K + \Delta p_K)/(p_0 - \Delta p_0))^{(1/n)}]$	0,8
Коефіцієнт мертвого простору: c	0,03
Депресія при всмоктуванні: $\Delta p_0 = 0,1 \cdot p_{н.т}$, МПа	0,03
Депресія при нагнітанні: $\Delta p_K = 0,11 \cdot p_{в.т}$, МПа	0,154
Дійсна об'ємна витрата: $V_{д} = V/\lambda$, м ³ /с	0,045
Дійсна масова витрата: $M_{д} = V_{д.пр} \cdot \rho/v_{вс}$, кг/с	0,08
Дійсна холодопродуктивність: $Q_0 = M_{д} \cdot q_0$, кВт	88,4
Теоретична потужність стискання: $N_T = M_{д} \cdot (h_{наг} - h_{всм})$, кВт	17,2
Індикаторна потужність стискання: $N_i = N_T/\eta_i$, кВт	20,2
Індикаторний ккд компресора: $\eta_i = \lambda_T + v \cdot t_0$, $v = 0,001$ (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 $V_{д.пр} = 130 \cdot 2$ м³/год = 0,072 м³/с, з електродвигуном 15 кВт.

Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння -27°C

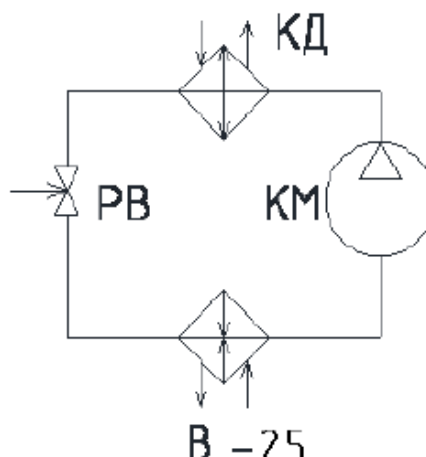


Рис. 4. Схема холодильної машини на температуру кипіння -27°C

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 11.

Таблиця 11. Параметри характерних точок

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, МПа	0,152	0,152	1,4	1,4	0,152
t, °C	-27	-22	140	38	-27
h, кДж/кг	1430	1440	1785	342	342
v, м ³ /кг	0,77	0,79	0,144	0,0017	0,147

Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння -27°C

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{0(-27)} / (h_{1'} - h_4), \text{ кг/с}$$

$$M = 36,75 / (1430 - 342) \cdot 10^3 = 0,033 \text{ кг/с}$$

Тепловий розрахунок холодильних машин наведено в таблиці 12.

Таблиця 12. Тепловий розрахунок холодильних машин

Параметр, розрахункова формула та од. вимірювання	t ₀ = - 27°C
Питома холодопродуктивність: q ₀ = h _{1'} - h ₄ , кДж/кг	1088
Масова витрата: M = Q ₀ /q ₀ , кг/с	0,034
Об'ємна витрата: V = M·v _{вс} , м ³ /с	0,027
Коефіцієнт подачі для гвинтового компресору: λ	0,82

Тепловий розрахунок холодильної машини з одним циркуляційним ресивером

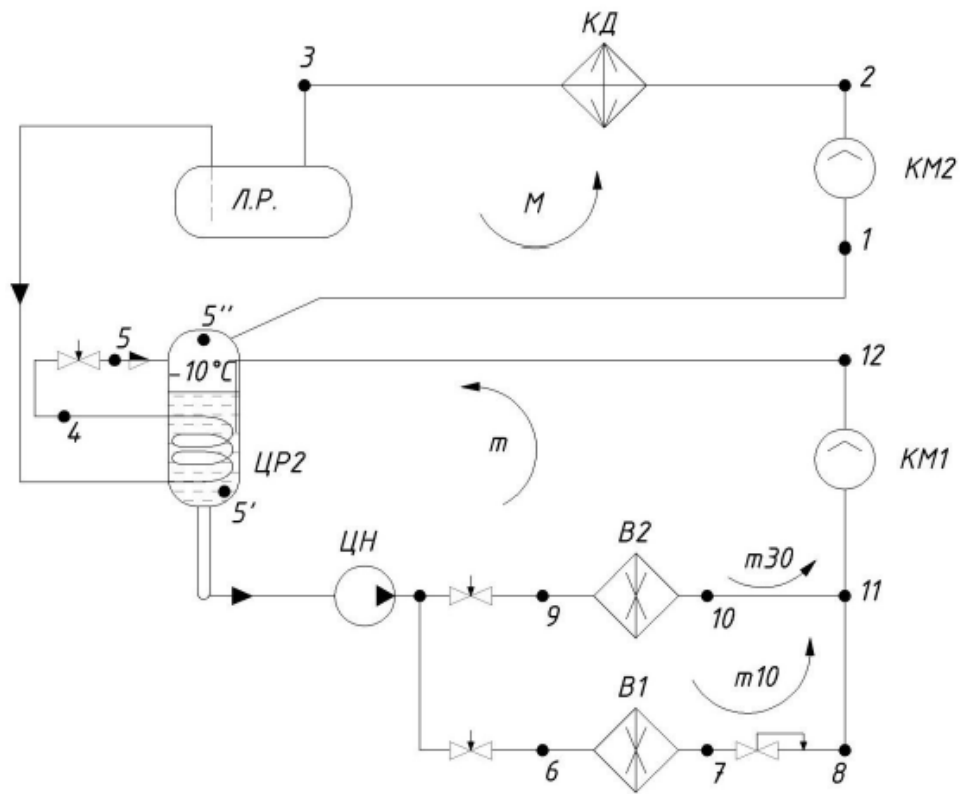
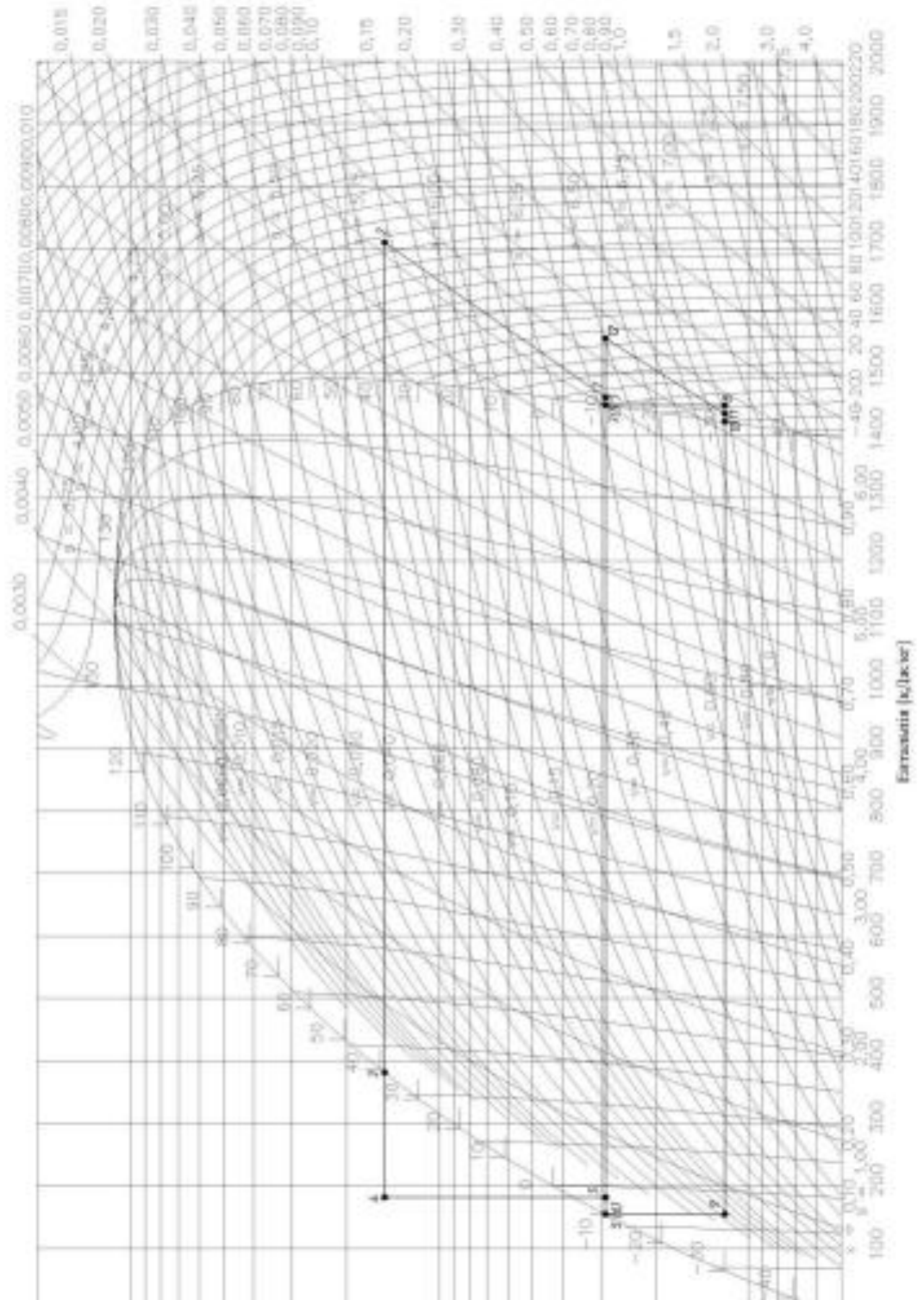


Рисунок 5. Принципова схема двоступеневої аміачної холодильної машини з двома циркуляційними ресиверами

Будуємо цикл в lgP-h діаграмі для R717. Значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу заносимо у таблицю.



Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

35

Таблиця 13. Параметри характерних точок циклу

№ Точки	Температура, °С	Тиск, МПа	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м³/кг	Паровміст, кг/кг
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	-

Розрахунок масової витрати холодоагенту через випарник В1:

$$m_{10} = Q_{02} / (h_7 - h_6) = 92,06 / (1449 - 154) = 0,071 \text{ кг/с}$$

Розрахунок масової витрати холодоагенту через випарник В2:

$$m_{30} = Q_{01} / (h_{10} - h_9) = 267,5 / (1421 - 154) = 0,211 \text{ кг/с}$$

Сумарна маса пари m (кг/с), що всмоктується через КМ1:

$$m = m_{10} + m_{30} = 0,071 + 0,211 = 0,282 \text{ кг/с}$$

Сумарна маса пари M (кг/с), що всмоктується через КМ2:

$$M = (m + m_{\text{по}} + m_{\text{б}}) / (1 - x_5)$$

В цьому рівнянні: $m_{\text{по}}$ – маса пари, створеної у ЦР при охолодженні холодоагенту у змійовику; $m_{\text{б}}$ – маса пари, що створюється при барботуванні.

Масу пари, що створюється при барботуванні, визначимо з теплового балансу ЦР:

$$m_{\text{б}} \cdot (h_{5''} - h_{5'}) = m \cdot (h_{12} - h_{5'})$$

$$m_{\text{б}} = (m \cdot (h_{11} - h_{5''})) / (h_{5''} - h_{5'}) = (0,282 \cdot (1564 - 1449)) / (1449 - 154) = 0,025 \text{ кг/с}$$

оскільки холодильна ефективність циклу визначає енергетичну результативність холодильної системи, і чим вона вища, тим менше енергії витрачається на 1 кВт холоду.

					00.MP.142.003.020.ПЗ	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		38

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

Розрахунок конденсатора

Теплове навантаження на випарний конденсатор:

$$Q_k = Q_0 + N_i + N_m, \text{ кВт}$$

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

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/м² 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.142.003.020.ПЗ	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						39

Таблиця 14. Розрахунок та вибір повітроохолодників

Назва камери	Q ₀ , Вт	k, Вт/(м ² ·К)	Δθ, °С	F, м ²	Прийнято повітроохол.	Кількість	Площа теплообміну повітроохл., м ²
Камера №1 (яловичина, - 20°С)	19022	14	7	194,1	СТЕ50 4A12W9	2	288
Камера №2 (свинина, - 20°С)	20131	14	7	205,4	СТЕ50 4A12W9	2	288
Камера №3 (консерви, 0°С)	36676	17,5	7	299,4	СТЕ50 4A12W9	3	432
Камера №4 (консерви, 0°С)	30058	17,5	7	245,4	СТЕ50 4A12W9	2	288
Камера №5 (консерви, 0°С)	24615	17,5	7	200,9	СТЕ50 4A12W9	2	288

Технічні характеристики повітроохолодників:

СТЕ 50 4A12W9 - крок ребра 12 мм; площа поверхні теплообміну 144 м²; витрата повітря 27315 м³/год; вентилятор потужністю 8×0,15 кВт; габаритні розміри 1184×880×70 мм.

РОЗДІЛ 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

Лінійний ресивер

Необхідна ємність лінійного ресивера з умови заповнення на 80%:

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

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

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

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

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

Технічні параметри ресивера 1,5РД:

габарити $D \times S$ (800×8), L (3610), номінальний діаметр проходу патрубків $d_1 = 50$ мм, $d_2 = 25$ мм, $D_y = 1/2''$, ємність $1,65 \text{ м}^3$, маса 670 кг.

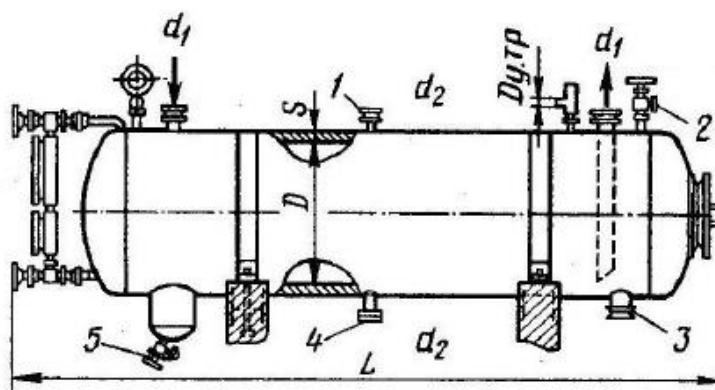


Рис. 6. Ресивер типу РД

Дренажна ємність

Параметри визначення дренажної ємності: $V_{\text{др}} \geq 0,8 \cdot V_{\text{(по)}}$, м^3

В цьому рівнянні: $V_{\text{(по)}}$ – місткість повітроохолоджувальних установок найбільшої камери, м^3 .

Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

42

Для камери № 3 (консервовані вироби) дренажна ємність:

$$V_{\text{др}} \geq 0,8 \cdot (3 \cdot 0,106) = 0,25 \text{ м}^3$$

Визначено дренажну ємність 1,5РД, що характеризується $V_{\text{др}} = 1,65 \text{ м}^3$.

Місткість ємності повинна вмістити аміак на випадок ремонтних операцій, тому визначена ємність має збільшену місткість.

Циркуляційна ємність

Параметри визначення циркуляційної ємності: $V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}})$, м^3

В цьому рівнянні: K – показник типу ємності, для вертикального типу $K = 2$;
 $V_{\text{нт}}$ - місткість напірного трубопроводу помпи (орієнтовно)

$$V_{\text{нт}} = 0,05 \text{ м}^3;$$

$V_{\text{вт}}$ - місткість всмоктувального трубопроводу помпи (орієнтовно)

$$V_{\text{вт}} = 0,15 \text{ м}^3;$$

$V_{\text{по}}$ - місткість повітроохолоджувачів, м^3 .

Для $t_0 = -7^\circ\text{C}$ (камери зберігання консервованих виробів):

$$V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,15 + 0,5 \cdot (7 \cdot 0,106) + 0,05) = 1,14 \text{ м}^3$$

Визначено 1,5РДВ, що характеризується $V_{\text{цр}} = 1,4 \text{ м}^3$.

Для $t_0 = -27^\circ\text{C}$ (камери зберігання м'ясних виробів):

$$V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,15 + 0,5 \cdot (4 \cdot 0,106) + 0,05) = 0,82 \text{ м}^3$$

Визначено 1,5РДВ, що характеризується $V_{\text{цр}} = 1,4 \text{ м}^3$.

Технічні характеристики ємності 1,5РДВ: Габарити $D \times S$ (800×10), Н (4510), номінальний діаметр проходу патрубків $d_1 = 200 \text{ мм}$, $d_2 = 80 \text{ мм}$, $d_3 = 40 \text{ мм}$, $d_4 = 15 \text{ мм}$, місткість $4,46 \text{ м}^3$, маса 790 кг .

					<i>00.MP.142.003.020.ПЗ</i>	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		43

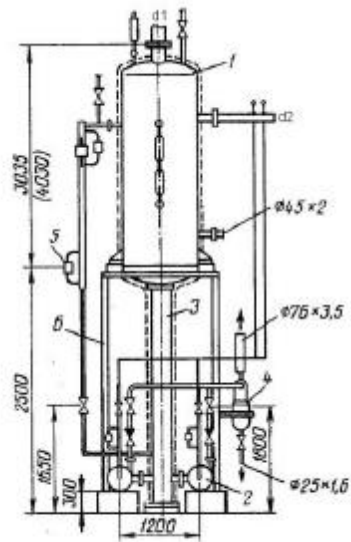


Рис. 7. Ресивер типу РДВ

						Лист
					00.МР.142.003.020.ПЗ	44
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 13. Визначення гідравлічного опору

Розрахунок гідравлічного опору для камери №3 (зберігання консервованих виробів)

Гідравлічний опір, який долає pompa, складається з втрат на фрикцію, локальних втрат та втрат на подолання напору гідравлічної колони. Для встановлення цих втрат потрібно розрахувати швидкість руху аміаку, його щільність та в'язкість і діаметр трубних магістралей.

Розраховую необхідну продуктивність pomp для забезпечення роботи камер зберігання консервованих виробів: $V = M \cdot v$, м³/с

В цьому рівнянні: M – масовий витрата аміаку, кг/с; v - питома місткість аміаку, м³/кг.

Оскільки pompa забезпечує два апарати, то продуктивність розраховую на дві камери, також враховую норми щодо циркулювання холодоагенту, що складають 25 разів:

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

Потрібний діаметр трубних магістралей: $d = \sqrt{(4 \cdot V / (\pi \cdot \omega))}$, м

В цьому рівнянні: ω - рекомендована швидкість аміаку: для напірної лінії $\omega = 0,4$ м/с, для зворотної лінії $\omega = 1,2$ м/с.

Діаметр трубопроводу напірної системи, що подає аміак на дві камери:

$$d = \sqrt{(4 \cdot 1,24 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot 0,4))} = 0,063 \text{ м}$$

Визначаю трубу з номенклатури сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 70 мм, товщиною стінки 3,0 мм.

Діаметр трубопроводу напірної системи, що подає аміак на кожен повітроохолоджувач:

$$d = \sqrt{(4 \cdot 1,27 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot 0,4 \cdot 3))} = 0,037 \text{ м}$$

Визначаю трубу з номенклатури сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 40 мм, товщиною стінки 2,5 мм.

Об'ємна витрата аміаку, що повертається до циркуляційної ємності з камер, при урахуванні кратності циркулювання:

						00.MP.142.003.020.ПЗ	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			45

Таблиця 15. Розрахунок гідравлічних втрат від тертя

Назва ділянки	Довжина, м	Діаметр труби, м	Перерахована швидкість, м/с	В'язкість динамічна, Па·с	Питомий об'єм, кг/м³	Коефіцієнт тертя	Гідравлічні втрати, Па
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	372,9
Колектор - ресивер	10	0,15	2,08	0,00027	0,055	0,027	116,8

Місцеві гідравлічні втрати

$$\Delta P = \sum \xi \cdot (\rho \cdot \omega^2 / (2 \cdot \nu)), \text{ Па}$$

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

Розрахунки місцевих гідравлічних втрат зведено до таблиці 16. Сума складає 28647,3 Па.

Таблиця 16. Розрахунок місцевих гідравлічних втрат

Назва ділянки	Назва місцевих опорів визначених ділянок	Коефіцієнт місцевого опору	Перерахована швидкість, м/с	Питомий об'єм, кг/м ³	Гідравлічні втрати, Па
Насос - колектор	4 вентилі	40	0,41	0,00146	7240,8
	зворотній клапан	5			
	фільтр	8			
	вихід ресиверу	0,5			
		3			
	4 повороти	4			
Колектор розгалуження	Колектор	2	0,42	0,00146	3383,0
	Вентиль	10			
	2 повороти	2			
Розгалуження повітроохолодник	2 повороти	2	0,43	0,00146	6332,2
	1 трійник	3<			
	Вентиль	10			
	теплообмінник	10			
Повітроохолодник - розгалуження	2 повороти	20	1,63	0,055	4052,7
	1 трійник	3			
	вентиль	10			
Розгалуження колектор	Колектор	2	1,39	0,055	1014,9
	Вентиль	10			

Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

48

РОЗДІЛ 14. Вибір насосів та вентиляторів

Аміачні насоси

Насоси визначені за потрібними показниками продуктивності та напірної характеристики. Критерій відбору за напірною характеристикою здійснюється з умов збільшення циркулювання аміаку 25-30 разів, що потрібно для оптимального теплообміну у змішувачах повітроохолоджувальних установок.

Об'ємна продуктивність помп: $V = M \cdot v$, м³/с

де M – масовий витрата аміаку, кг/с; v - питома місткість аміаку, м³/кг.

Обчислення та визначення аміачних помп представлено в таблиці 17.

Таблиця 17. Обчислення та визначення аміачних помп

t_0 , °C	M , кг/с	v , м ³ /кг	V , м ³ /с	Прийнято	Кількість	Об'ємна подача, м ³ /с
-27	0,133	0,0015	0,005	2ХГ-5-4,5-2	1	0,00778
-7	0,082	0,0027	0,0022	1,5ХГ-6×3- 2,8-2	1	0,00333

Додатково визначаю одну резервну помпу.

Технічні параметри аміачних помп:

1,5ХГ-6×3-2,8-2: продуктивність 5,5-12 м³/год, напір рідкого аміаку 45-55 м, число ступенів 2, швидкість обертання 49,5 с⁻¹, потужність 2,8 кВт.

2ХГ-5-4,5-2: продуктивність 12-28 м³/год, напір рідкого аміаку 41-48 м, число ступенів 1, швидкість обертання 49,5 с⁻¹, потужність 5,5 кВт.

РОЗДІЛ 15. Варіативні розрахунки робочих параметрів холодильної установки

Завданням варіантних обчислень експлуатаційних характеристик холодильної системи виступає визначення енергетичної ефективності системи холодопостачання логістичного центру з переробки м'ясопродукції.

Взаємозв'язок холодильної ефективності COP із температурним режимом конденсації

Для трьох температурних показників конденсації проведено обчислення і створено взаємозв'язок (рис. 8) холодильної ефективності від температурного режиму конденсації.

$t_k, ^\circ\text{C}$	30	34	38
COP	2,09	1,982	1,891

Відповідно до графіка, при зростанні температурного режиму конденсації холодильна ефективність COP скорочується, це спричиняє збільшення споживання енергії, а відповідно і до здорожчання кВт холоду.

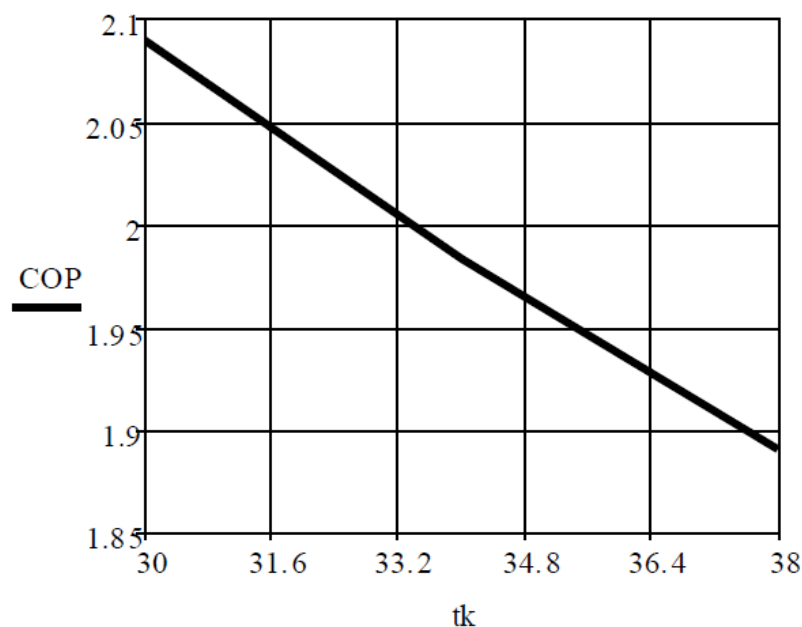


Рис. 8. Залежність холодильного коефіцієнта COP від температури конденсації t_k

Взаємозв'язок корисної потужності на валу компресорної установки із температурним режимом конденсації

Для трьох температурних показників конденсації проведено обчислення і створено взаємозв'язок (рис. 9) корисної потужності на валу компресорної установки від температурного режиму конденсації.

$t_k, ^\circ\text{C}$	30	34	38
$N_e, \text{кВт}$	116,2	125,5	134,3

Відповідно до графіка, при зростанні температурного режиму конденсації збільшується навантаження на компресорний механізм, а відповідно зростає і потужність на валу компресора, що веде до збільшення енергоспоживання.

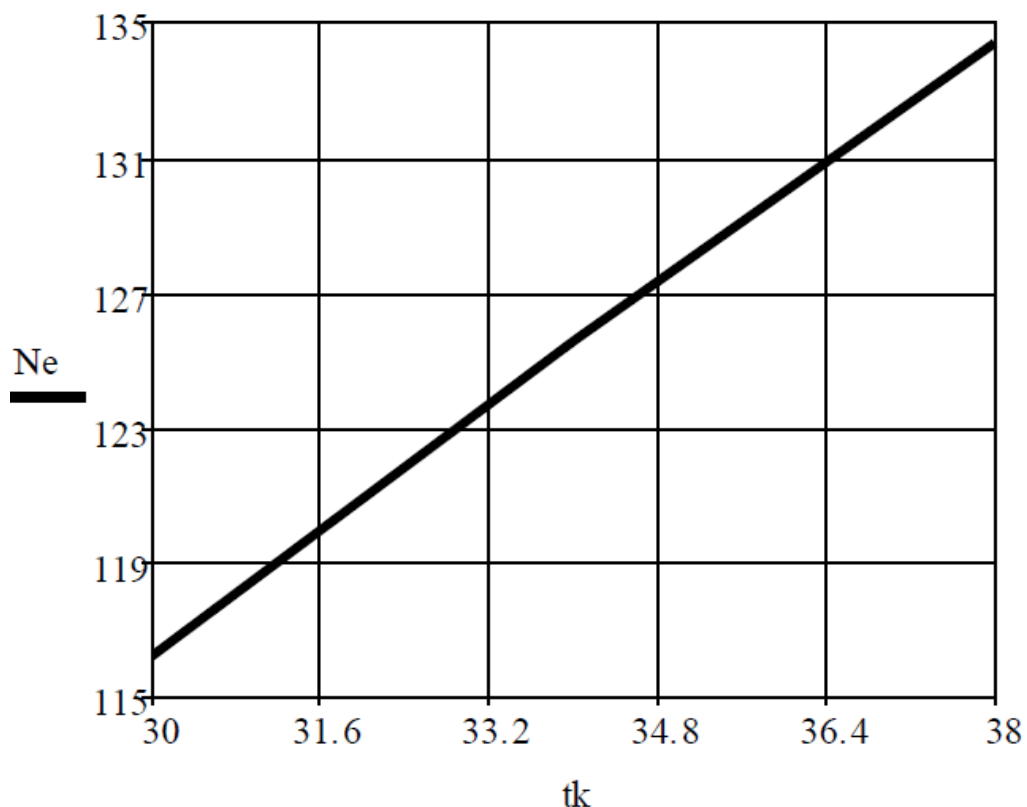


Рис. 9. Залежність ефективної потужності на валу компресора N_e від температури конденсації t_k

Залежність коефіцієнта теплопередачі від температури зовнішнього повітря

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

Оскільки випарні конденсаторні установки надають можливість їх експлуатації як із водоподачею, так і без водоподачі при активованих і деактивованих вентиляційних установках, що гарантує коригування температурного режиму конденсації у широких межах, раціональне використання води та електричної енергії. На рис. 10 наведений графік варіації показника теплопередачі від температурного режиму зовнішнього середовища відповідно при повному та частковому зволоженні.

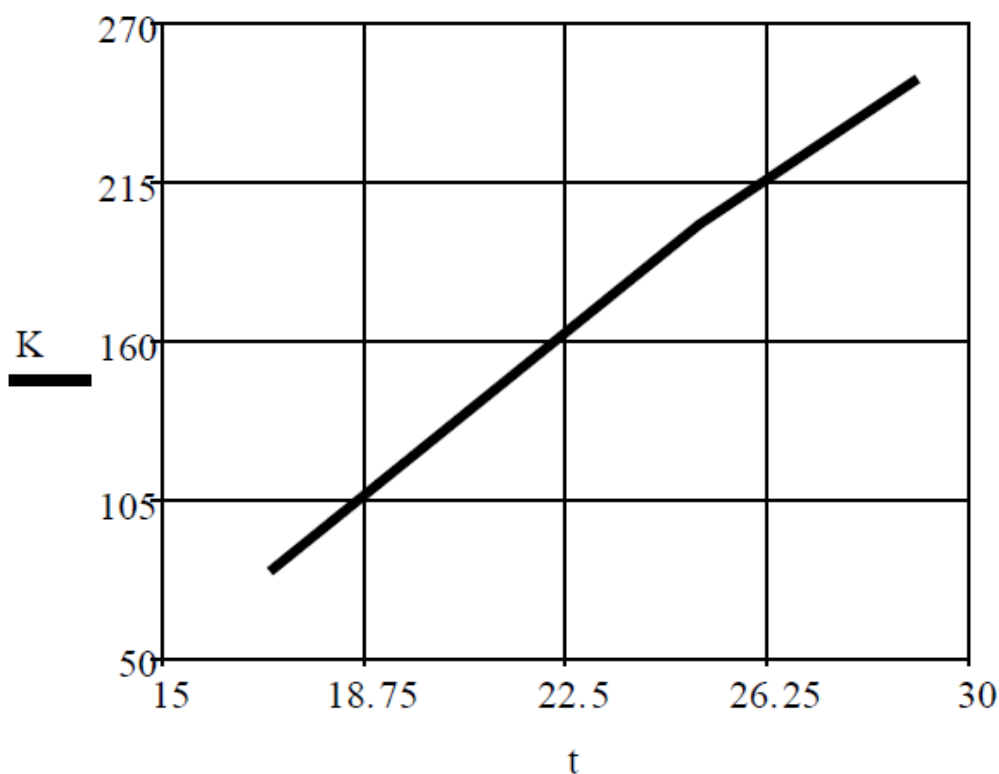


Рис. 10. Залежність коефіцієнта теплопередачі K від температури зовнішнього повітря t

Взаємозв'язок корисної площі теплообмінної поверхні від температурного режиму зовнішнього середовища

Для трьох температурних показників зовнішнього середовища розраховано навантаження на конденсаторну установку і визначена площа теплообмінної поверхні та створена взаємозв'язок корисної площі теплообмінної поверхні від температурного режиму зовнішнього середовища.

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

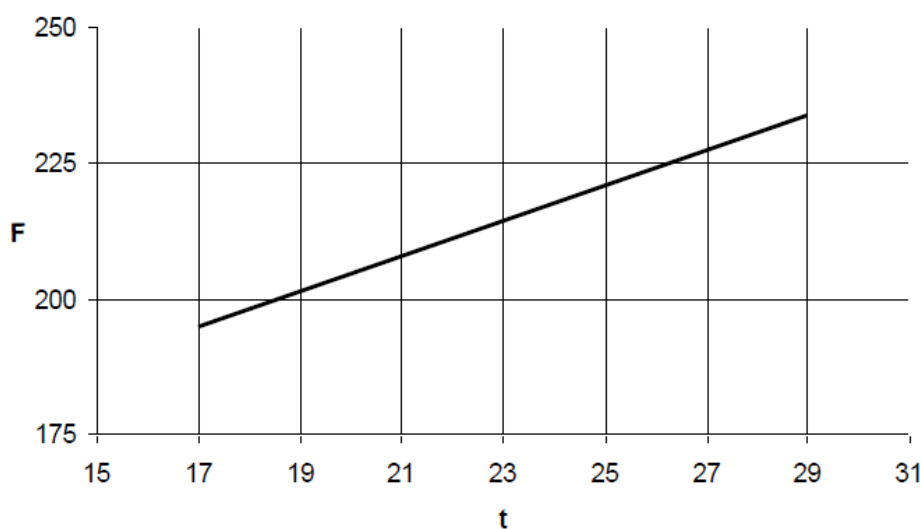


Рис. 11. Залежність ефективної площі теплопередаючої поверхні F від температури зовнішнього повітря t

Відповідно до графічних даних, при зниженні температурних показників зовнішнього середовища теплові надходження до камер зберігання скорочуються, відповідно послаблюється навантаження на конденсаторну установку. Це забезпечує раціональне використання енергії, а саме: скорочення водоподачі на зволоження або деактивацію вентиляційних установок конденсатора.

Підсумки варіантних обчислень:

1. При збільшенні температурного режиму конденсації від 30°C до 38°C холодильна ефективність COP скорочується від 2,09 до 1,891, що призводить до збільшення енергетичних витрат на 10,5%.
2. Корисна потужність на валу компресорної установки збільшується від 116,2 кВт до 134,3 кВт при зростанні температури конденсації, що також підтверджує важливість збереження оптимального температурного режиму конденсації.
3. Використання випарних конденсаторних установок із можливістю коригування режиму роботи гарантує збереження оптимальних експлуатаційних параметрів системи та економію енергетичних ресурсів залежно від температури зовнішнього середовища.
4. Зниження температури зовнішнього середовища від 29°C до 17°C дозволяє скоротити площу теплообмінної поверхні конденсаторної установки від 230 м² до 191 м², що демонструє доцільність впровадження систем регулювання потужності конденсаторів.

**РОЗДІЛ 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 RCA 46 W	GEA Grasso	1367	20	2	2774
2	Компресорний агрегат на базі компресору C-53	GEA Grasso	724	20	1	744
3	Конденсатор ВАС ХЕ СХVT	ВАС	157	1,5	2	317
4	Повітроохолоджувачі STE 50 4A12W9	фірма ECO	7,5	0,1	11	83,6
5	Ресивер 1,5РД	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудування»	2,58	0,3	2	5,76
6	Ресивер 1,5РДВ	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудування»	5,3	0,3	2	11,2
7	Насос аміачний 1,5ХГ-6×3-2,8-2	Валдайський насосний завод	13,9	1	2	29,8

Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

00.MP.142.003.020.ПЗ

Лист

56

Щорічне споживання електроенергії розраховується за рівнянням:

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

В цьому рівнянні: N_e - паспортна потужність мотора, кВт; K_c - показник завантаження; n – період експлуатації обладнання при робочих параметрах, год.

Перелік електроприводних механізмів, їх параметри та обчислення споживання електроенергії представлено в таблиці 19.

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 RCA 46 W	15	2	5400	162000
2	Компресорний агрегат на базі компресору C-53	25	1	5400	135000
3	Конденсатор ВАС ХЕ СХVT	8×0,53	2	6000	50880
4	Повітроохолоджувачі СТЕ 50 4A12W9	8×0,15	11	3000	39600
5	Аміачний насос 1,5ХГ-6×3-2,8-2	2,8	1	5000	14000
6	Аміачний насос 2ХГ-5-4,5-2	5,5	1	5000	27500

Загальне річне споживання електроенергії: 428980 кВт·год

Тарифна ставка за електроенергію дорівнює 4,32 грн. за кВт·год. Таким чином, фінансування електроспоживання складе: $428980 \cdot 4,32 = 1853,6$ тис. грн.

16.3.2. Фінансування поповнення холодоагенту

Ці видатки безпосередньо залежать від потужності компресорного обладнання. Нормативний показник витрати аміаку для поповнення протягом року для компресорів прямого охолодження дорівнює 3,1 кг/(ст. кВт).

Фінансування поповнення аміаком при його вартості 2,8 грн./кг: $V_{\text{аміак}} = (175,4 \cdot 3,1) \cdot 2,8 = 1,52$ тис. грн.

16.3.3. Фінансування поповнення мастильною речовиною

Незважаючи на наявність маслорозділювача після кожної компресорної машини, мастило виходить з компресора. Обсяг втраченого мастила прямо залежить від тривалості експлуатації компресорних машин.

Річна потреба мастильної речовини розраховується за формулою: $M = \Sigma(g \cdot z \cdot n) \cdot n/n_1$, кг

В цьому рівнянні: g – нормативний показник витрати мастила на один циліндр поршневої машини або ротор гвинтової, кг/год; z – число поршнів або роторів, шт; n – кількість годин експлуатації компресора, год; n_1 – регламентований інтервал заміни мастила, год.

Для гвинтових компресорів $g = 0,12$ кг/год, для поршневих $g = 0,01$ кг/год, а регламентований інтервал становить 2700 год.

$$M = (0,01 \cdot 5400 \cdot 8 + 0,12 \cdot 1 \cdot 5400) \cdot 5400/2700 = 1728 \text{ кг}$$

Фінансування поповнення мастильною речовиною при її вартості 40 грн/кг:

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

16.3.4. Фінансування винагородження персоналу

Винагородження виробничих працівників обчислюють для кожної кваліфікаційної категорії з урахуванням премій та надбавок за нічні зміни і святкові періоди.

Штатна чисельність робочого складу компресорного відділення визначається відповідно до рівня автоматизації системи, кількості компресорних машин та їх сумарної потужності.

На холодильних об'єктах понад 1000 т передбачена посада начальника відділення.

При комплексній автоматизації холодильної системи, наявності компресорних машин у кількості 3 одиниці та сумарній холодопотужності до 175 кВт призначається 4 машиніста з помічниками та 2 змінних машиніста, також передбачено 2 слюсаря.

Таблиця 20. Фонд зі сплати основної заробітної плати робітників

Найменування професії та розряд	Тарифна ставка, грн/год	Проект	Кількість годин на місяць	Додаток за шкідливість, 10%	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Машиніст розряду III	9,76	1	240	234,2	2576,6	30,9
Машиніст розряду IV	11,43	2	240	548,6	6034,6	72,4
Машиніст розряду V	13,4	2	240	643,2	7075,2	84,9
Машиніст розряду VI	15,7	1	240	376,8	4144,8	49,7
Слюсар ремонтник	10,9	2	240	523,2	5755,2	69,1
Разом						307,0

Фонд додаткової заробітної плати:

$$\text{ФДЗП} = \text{ФОЗП} \cdot 0,08 = 307,0 \cdot 0,08 = 24,6 \text{ тис. грн.}$$

Повний фонд заробітної плати:

$$\text{ФЗП} = \text{ФОЗП} + \text{ФДЗП} = 307,0 + 24,6 = 331,6 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

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

Таблиця 21. Фонд зі сплати основної заробітної плати апарату управління

Вартість будівельної конструкції визначається як 2250 грн. на кожен м² площі забудови. Отже, вартість будівельного об'єкта буде: $2250 \cdot 3456 = 7776000$ грн. = 7776 тис. грн.

Знос будівельних конструкцій складає 7,763%: $7776 \cdot 0,07763 = 603,7$ тис. грн.

16.3.9. Знос експлуатаційного інвентарю

Фінансування зношення малоцінних та швидкозношуваних предметів складе 10%: $V_{\text{інв}} = 5197 \cdot 0,1 = 519,7$ тис. грн.

16.3.10. Додаткові витрати

Додаткові витрати формують 0,5% від загальних виробничих витрат.

16.4. Виробничі витрати

Розрахунок виробничих витрат представлений у таблиці 22.

Таблиця 22. Собівартість одиниці виробленого холоду

Статті витрат	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	1853,6
Масило	69,1
Аміак	1,52
Оплата праці	2048,0
Амортизація	1139,4
Поточні ремонти	569,7
Охорона праці	4,1
Утримання будівлі	603,7
Спрацювання інвентарю	519,7
Інші витрати	26,6
Разом	6835,42

16.5. Визначення цехової собівартості одиниці виробленого холоду

Собівартість стандартної одиниці виробленого холоду:

$$C = 6835,42 \cdot 10^3 / 947316 = 7,2 \text{ грн./ст.кВт}\cdot\text{год}$$

17. Охорона праці

Вступ

У даному дипломному проєкті розробляється логістичний комплекс потужністю 2000 т. у місті Львів. Реалізація проєкту передбачає впровадження сучасного холодильного устаткування з підвищеним рівнем автоматизації. Будівельні конструкції та теплоізоляція холодильного об'єкту виконані з сендвіч-панелей із застосуванням пінополіуретану як теплоізоляційного матеріалу. Функціонування холодильної системи забезпечується аміачною холодильною установкою, експлуатація якої створює комплекс шкідливих та небезпечних виробничих факторів для обслуговуючого персоналу.

Аміак є газоподібною речовиною без забарвлення з характерним різким запахом, належить до четвертого класу небезпеки. Аміачно-повітряна композиція при концентрації від 15 до 28% за об'ємом (107...200 мг/м³) характеризується вибухонебезпечністю. Максимальний тиск при детонації аміачно-повітряної композиції становить близько 0,45 МПа (4,5 кгс/см²). При об'ємній концентрації аміаку понад 11% (78,5 мг/м³) та за наявності відкритого вогню відбувається його займання.

Фізико-хімічні та фізіологічні характеристики аміаку:

Показник	Значення
Хімічна формула	NH ₃
Молекулярна маса, г/моль	17
Критична температура, °C	132,4
Критичний тиск, МПа (кгс/см ²)	11,52 (115,2)
Температура кипіння (при 101,3 кПа), °C	-33,3
Температура затвердіння (при 101,3 кПа), °C	-77,9
Температура займання (при 101,3 кПа), °C	630

Світлове забезпечення

Стандарти природного та електричного освітлення визначені ДБН В.2.5-28-2006.

В компресорному відділенні застосовано природне бокове світло з обох сторін з регламентованим мінімумом коефіцієнта природної освітленості (КПО = 0,2%) та загальне електричне освітлення із захищеними від пилу світильниками з люмінесцентними елементами живлення 220В. Для компресорної зони при постійному контролі процесів, безперервній присутності працівників та категорії зорової діяльності VIIIб регламентована освітленість складає 50 лк.

У диспетчерському приміщенні передбачено загальне електричне освітлення інтенсивністю 100 лк. Для точкового підсвічування використовуються світильники з розжарювальними елементами живлення 12В. Система резервного та ремонтного освітлення компресорного відділення працює від незалежного джерела (акумулятора) з автоматичним запуском при відключенні основного постачання. Для світлового забезпечення змонтовані освітлювальні прилади моделі ЛПО01 (дволамповий тип), що фіксуються до стелі. Загальна чисельність – 12 приладів, розміщених у 2 лінії по 6 одиниць у кожній для створення однорідного освітлення.

Безпека виробництва

Керівництво організації наказом визначає відповідальних фахівців з інженерних працівників, які успішно пройшли атестаційну процедуру знань правил безпеки праці, зокрема щодо моніторингу технічного стану та безаварійного використання холодильних установок і дотримання чинних стандартів.

До діяльності з холодильними системами залучаються співробітники від 18 років, які пройшли медичну комісію та здобули кваліфікаційний документ про закінчення профільного навчального закладу або курсів: • з обслуговування холодильних установок – для операторів-машиністів; • з автоматизації холодильного обладнання – для слюсарів КВПіА.

До автономного обслуговування холодильних установок оператори допускаються тільки після практики тривалістю не менше 1 місяця, де відбувається

										Лист
										66
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

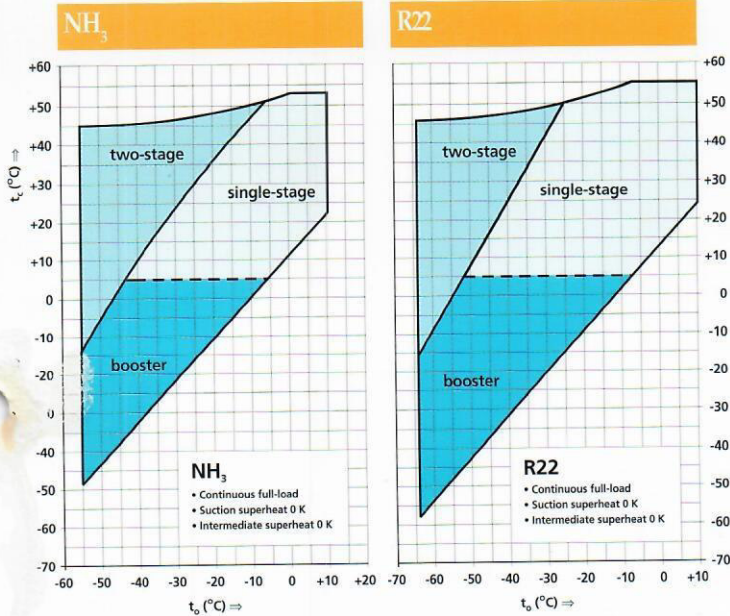
00.MP.142.003.020.ПЗ

На підприємстві застосовується автоматичний контроль хімічних речовин у повітрі. Це забезпечує автоматичне виявлення та сигналізацію про концентрації шкідливих речовин. Застосовуються газоаналізatori та газосигналізатори. Їх функціонування базується на зміні електричних властивостей речовини при хімічній реакції або розчиненні контрольованої речовини. За зміною електричних параметрів визначається рівень концентрації. Використовуються прилади: ФЛ-5501 (універсальний газоаналізатор).

					00.MP.142.003.020.ПЗ	Лист
Впр.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		69

PERFORMANCE DATA

FIELDS OF APPLICATION

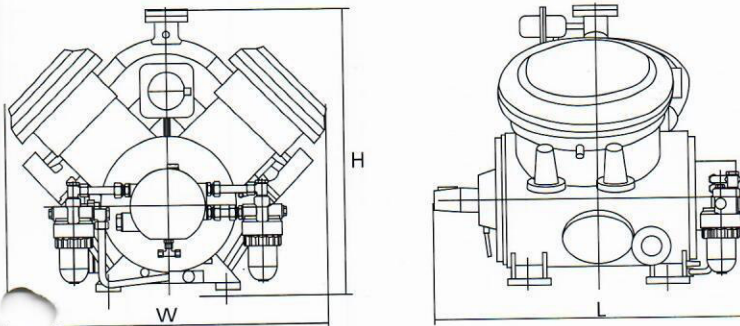


CONVERSION INFORMATION

European unit	multiplied by	US unit
Millimeter (mm)	0.03937	Inch (in)
Millimeter (mm)	0.0032808	Foot (ft)
Degrees Centigrade (°C)	$1.8 \cdot ^\circ\text{C} + 32$	Degrees Fahrenheit (°F)
Temp. Diff. Kelvin (K)	1.8	Degrees Fahrenheit (°F)
Cubic Meters per Hour (m³/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

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⁻¹]

Single-stage

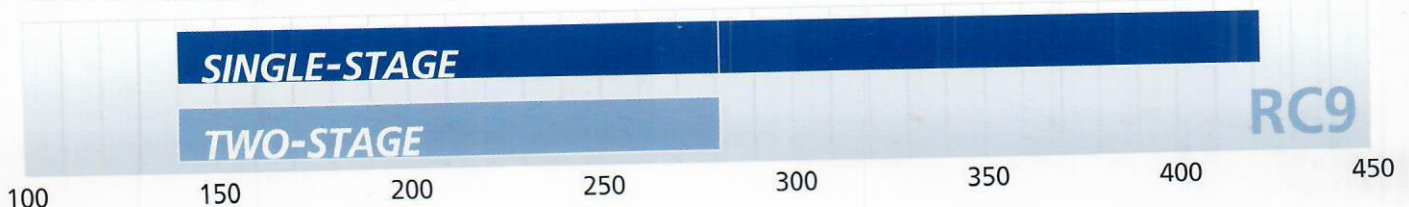
Type	NH ₃		R22	
	-15 °C	-5 °C	-15 °C	-5 °C
RC29	59.7	99.4	64.0	98.3
RC49	119.5	198.9	128.0	196.5
RC69	179.2	298.3	192.0	294.8

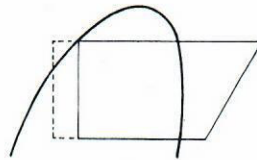
Two-stage (system C for NH₃, system B for R22)

Type	NH ₃		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 [M³/H AT 1450 MIN⁻¹]





Single-stage

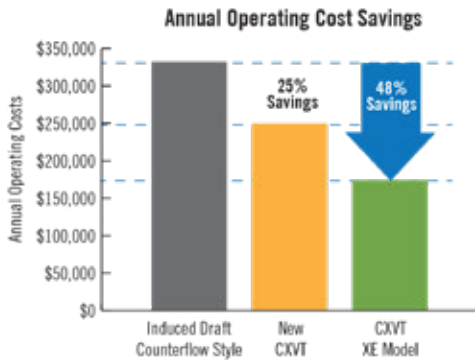
n = 1450 rpm

↓t ₀ (°C)	↓Δt ₀ (K)	→ t _c (°C)						
			+20	+25	+30	+35	+40	+45
+ 5	5	Q _o (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 _e (kW)	38.5	43.2	48.0	52.9	57.7	62.3
0	5	Q _o (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 _e (kW)	37.9	42.2	46.5	50.7	54.8	58.6
- 5	5	Q _o (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 _e (kW)	36.9	40.7	44.4	47.9	51.2	54.0
-10	5	Q _o (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 _e (kW)	35.5	38.7	41.7	44.5	46.8	48.6
-15	5	Q _o (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 _e (kW)	33.6	36.1	38.4	40.2	41.5	42.3
-20	5	Q _o (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 _e (kW)	31.1	32.9	34.3	35.2	35.6	35.3
-25	5	Q _o (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 _e (kW)	28.1	29.1	29.6	29.6	29.1	28.1
-30	5	Q _o (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 _e (kW)	24.4	24.6	24.3	23.6	22.7	—
-35	5	Q _o (kcal/h)	42 000	37 500	33 000	—	—	—
	15		41 500	37 200	32 700	—	—	—
	25		41 200	36 900	32 500	—	—	—
	—	P _e (kW)	20.2	19.8	19.0	—	—	—
-40	5	Q _o (kcal/h)	29 300	25 300	—	—	—	—
	15		29 000	25 100	—	—	—	—
	25		28 800	24 900	—	—	—	—
	—	P _e (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)

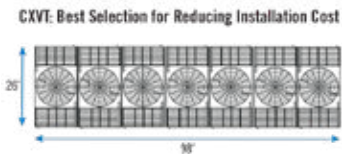
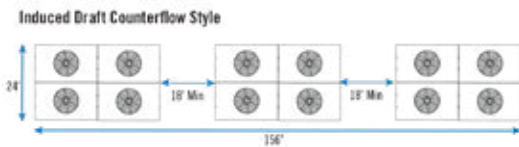
Highest Reliability

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

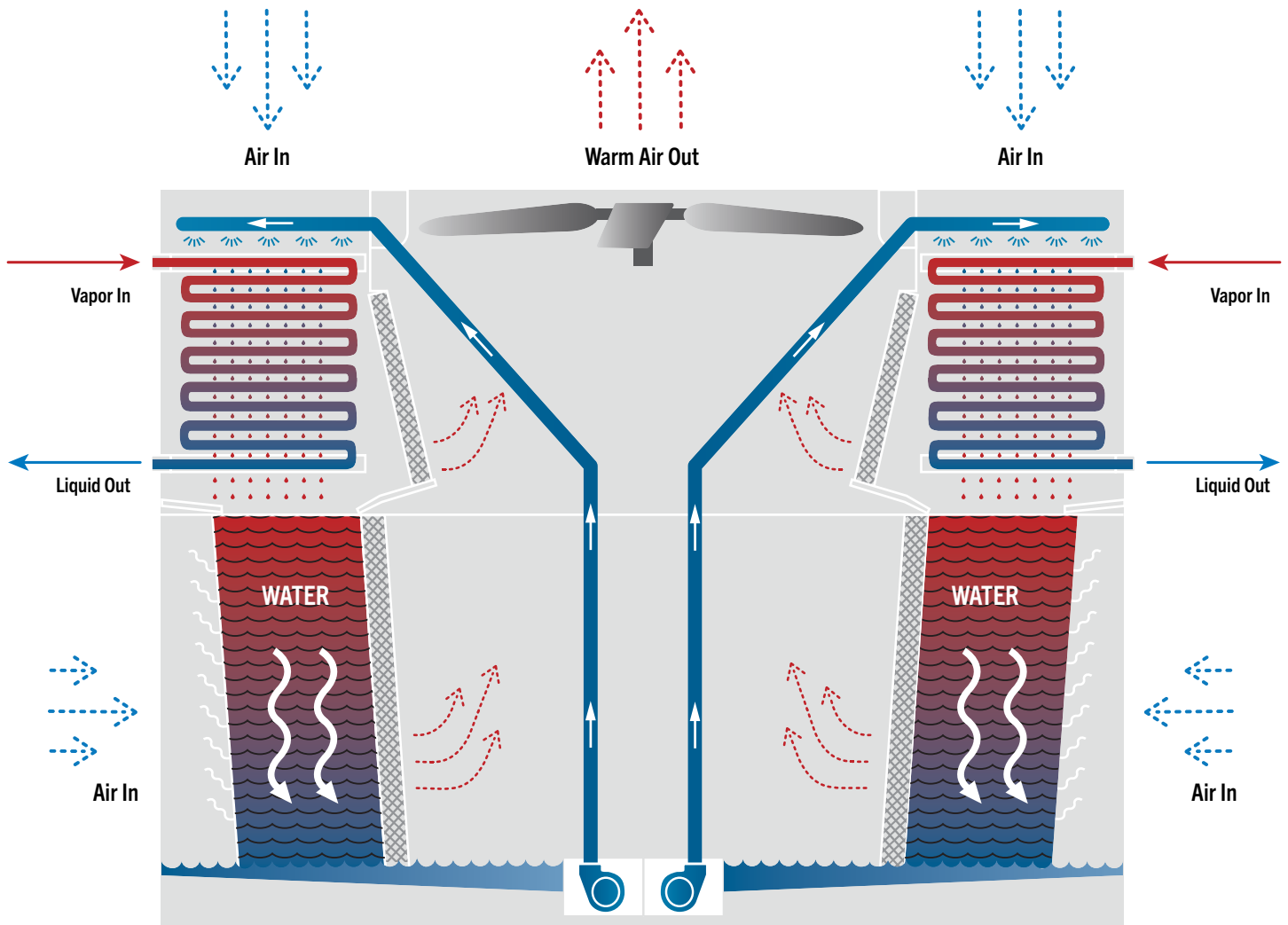
Lower Installation Costs

SAVE TIME RIGGING



7 Cells: **Reduced by 5**
 28 Refrigerant Connections: **Reduced by 20**

- 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



CXVT Evaporative Condenser Principle of Operation

CXVT Features & Options

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

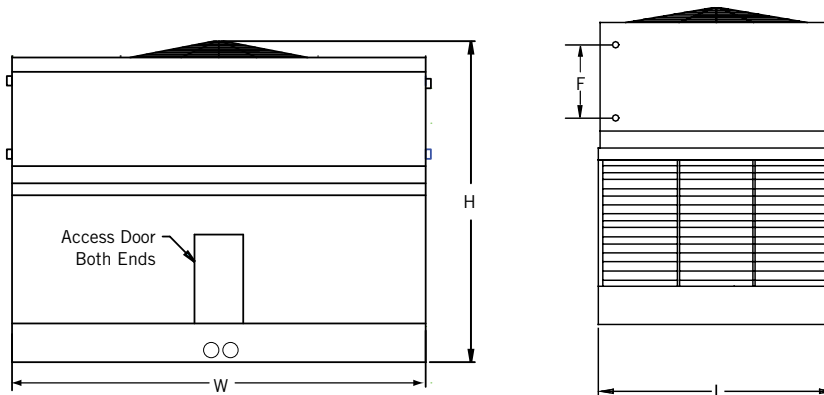
Features & Options	Page	Description
MATERIALS OF CONSTRUCTION		
G-235 Galvanized Steel	H3	Universally recognized for its strength and durability
TriArmor® Corrosion Protection System	H3	The ultimate in corrosion and leak protection for the basin at the best value; 10-year leak & corrosion warranty
EVERTOUGH™ 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
COILS^[2]		
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
DRIVE SYSTEM		
Baltidrive® Power Train ^[3]	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
BASIN		
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
WATER DISTRIBUTION SYSTEM		
Easy to Inspect Water Distribution System	—	Inspect the water distribution system while the unit is operating
Spray Water Pump	H23	Integral spray water pump sized to distribute recirculating water over the coil
FILL		
Fill	H26	PVC fill for applications with spray water temperatures up to 130°F (54.4°C)
High Temperature Fill	H26	HPVC fill for applications with spray water temperatures up to 140°F (60°C)
SHIPPING AND RIGGING		
Rigging Guides	H29	Allow easy alignment and engagement of top and bottom sections, especially critical during multi-cell installations
Knockdown Units	H29	The unit ships disassembled for jobs where there are crane or other site limitations
FANS AND SOUND		
Axial Fan	H31	The axial fan optimizes low sound levels and maximizes thermal performance
Low Sound Fan	H31	Reduces sound up to 9 dBA
Sound Attenuation	H31	Available for the air intake and discharge to further reduce sound levels
AIR INTAKE		
Louvers	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
Combined Inlet Shields	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
Air Intake Screens	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
Coil Intake Screens	H34	Shield the coil sections from large debris with a 1" x 1" screen
AIR DISCHARGE		
Fan Cowl Extensions	H36	Allow for unobstructed airflow on the discharge side, which helps ensure that the units are providing maximum capacity
ACCESS		
Large Plenum Area for Access	—	Two 34"W x 64"H hinged access doors are connected by an elevated walkway, provides access to the basin and drive system
Motor Removal System	H38	Includes a davit arm to facilitate motor replacement
External Platforms and Ladder Packages	H38	Factory preassembled and pre-fitted, attaches quickly in the field; easily inspect the spray distribution system while the unit is in operation
Access Door Platform and Ladder Packages	H39	Easily access the unit when installed on elevated supports
Full or Partial Grating	H40	Allows a person to walk above the coils for service; recommended if handrails are purchased
Internal Walkway	H40	Allows easy access to the plenum area of the basin, make-up, fill, and drive system

**NOTES:**

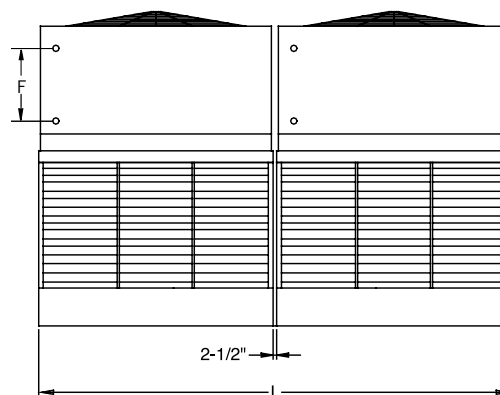
1. Nominal tonnage is R-717 tons at a 96.3°F condensing temperature, a 20°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
2. All condenser coils with steel connections are charged with 15 psig nitrogen at the factory prior to shipment. A Canadian Registration Number (CRN) is available 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:

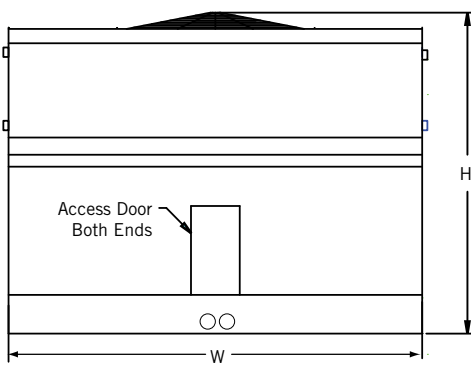
1. Model number denotes R-717 capacity in evaporator tons at a 96.3°F condensing temperature, a 20°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
2. R-22 tons are at a 105°F condensing temperature, a 40°F suction temperature, and a 78°F entering wet-bulb temperature.
3. Operating weight 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.

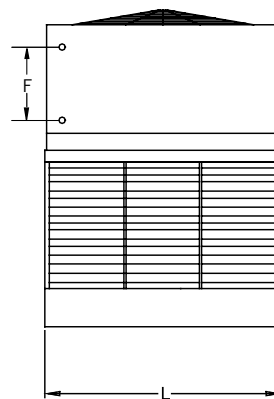
Nom. Box Size	Model Number ⁽¹⁾	Base Heat Rejection (MBH)	R-22 Tons ⁽²⁾	Fan Motor (HP)	Airflow Rate (CFM)	Pump Motor (HP)	Spray Flow Rate (GPM)	Approximate Weight (lbs)			R-717 Oper. Charge ⁽⁴⁾ (lbs)	Internal Coil Volume (ft ³)	Remote Sump			W	L	F	H
								Ship Weight	Heaviest Section	Oper. Weight ⁽³⁾			Drain Size ⁽⁵⁾ (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

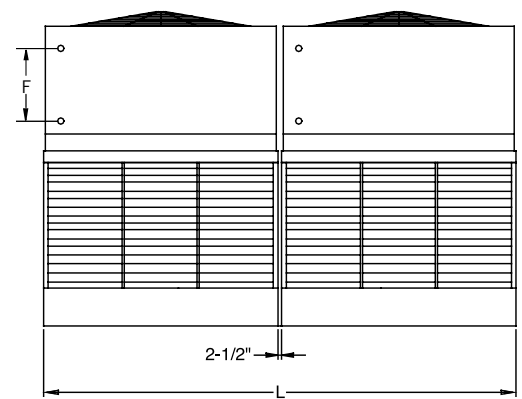
XE Models



End Elevation:
XECXVT Units



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



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

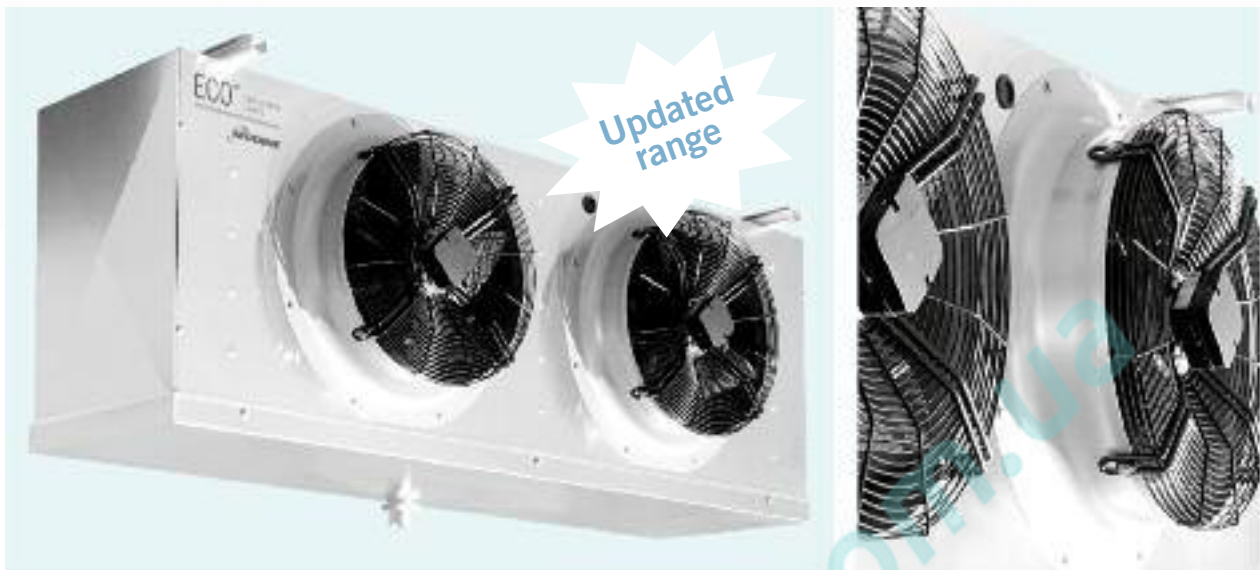


NOTES:

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.

Nom. Box Size	Model Number ⁽¹⁾	Base Heat Rejection (MBH)	R-22 Tons ⁽²⁾	Fan Motor (HP)	Airflow Rate (CFM)	Pump Motor (HP)	Spray Flow Rate (GPM)	Approximate Weight (lbs)			R-717 Oper. Charge ⁽⁴⁾ (lbs)	Internal Coil Volume (ft ³)	Remote Sump			W	L	F	H
								Ship Weight	Heaviest Section	Oper. Weight ⁽³⁾			Drain Size ⁽⁵⁾ (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"



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 (≥ -15 °C) with 6,0 mm fin spacing, electric defrost version (ED) is recommended;
- **CTE L8 - E8 - A8** for low temperatures (≥ -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 (≥ -15 °C) mit Lamellenabstand 6,0 mm, elektrische Abtauung (ED) wird empfohlen;
- **CTE L8 - E8 - A8** für niedrige Temperaturen (≥ -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 (≥ -15 °C) с шагом ребер 6,0 мм, рекомендуется исполнение с электрическим оттаиванием (ED);
- **CTE L8 - E8 - A8** для низких температур (≥ -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:

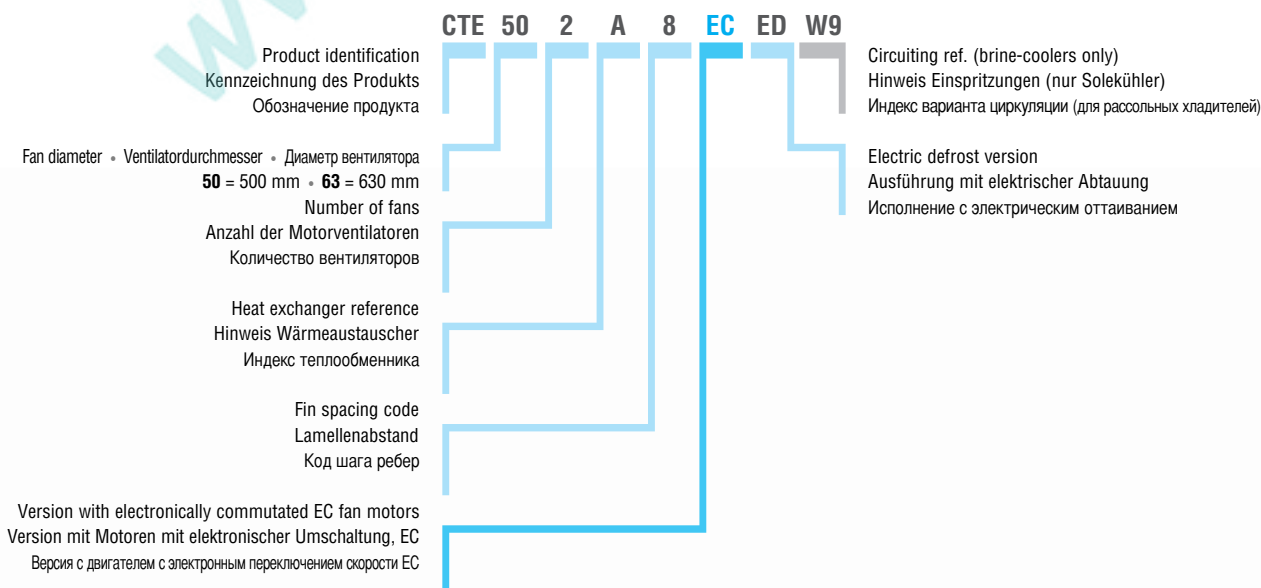
- степень защиты IP 54;
- класс изоляции В;
- встроенная электронная защита;
- рабочая температура мин./макс. -25/+60 °C;

For Ø 500 and 630 mm motors wiring not provided.

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

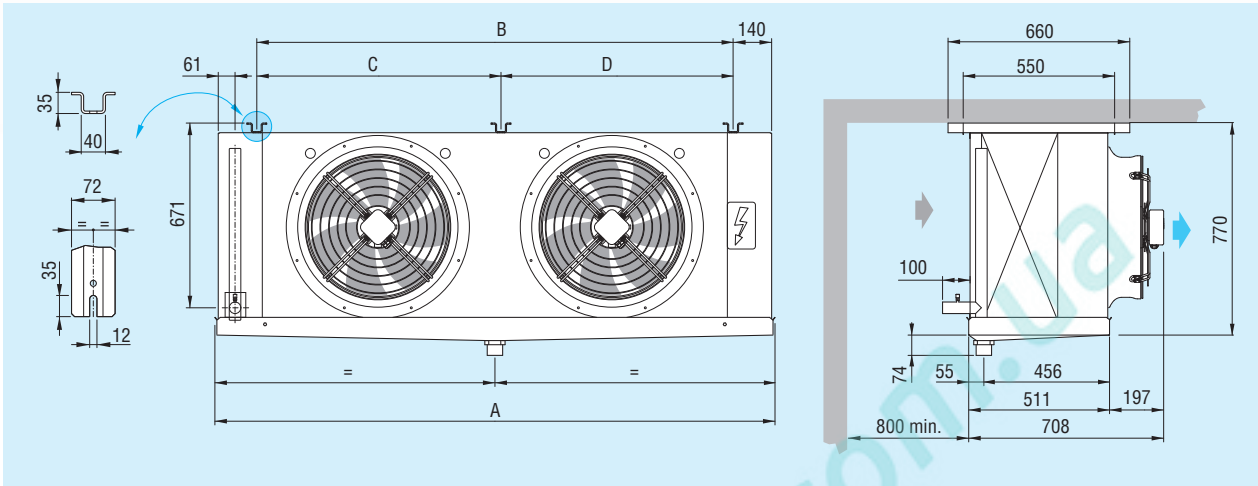
Для вентиляторов Ø 500 и 630 мм соединительные кабели не предусмотрены.

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.

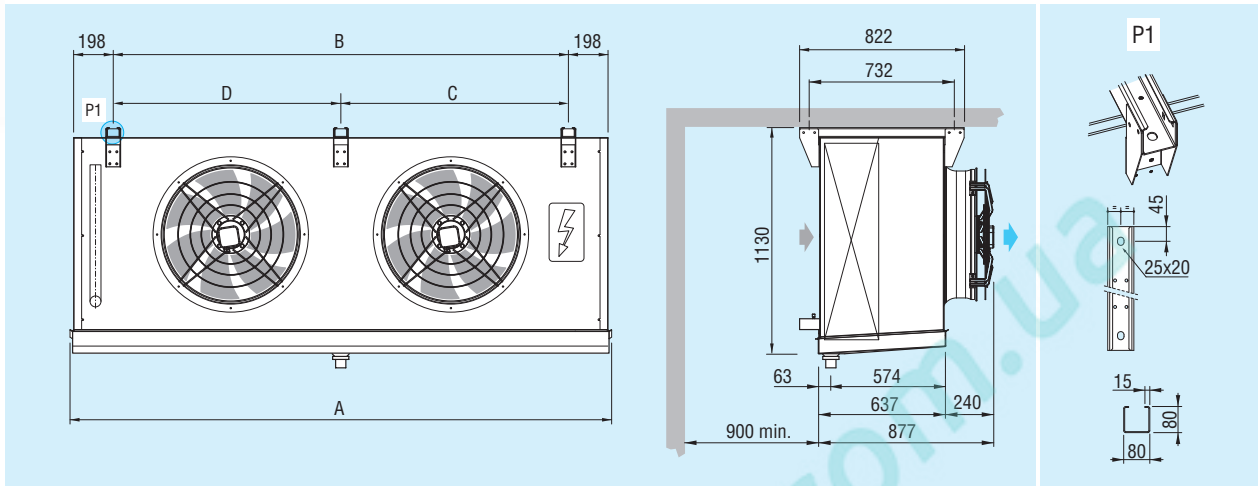
Электрооборудование и корпус присоединены к зажиму заземления, провода нагревателей подключены к коробкам со степенью защиты IP 54. По заказу эти модели могут оснащаться змеевиками, системой оттаивания и двигателями вентиляторов в особом исполнении.

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

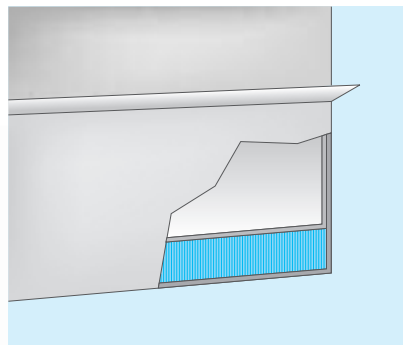


Model	Modell	Модель	CTE Ø 630	631E4	632E4	633E4	634A4	
				631A4	632A4	633A4	634A4	
				631B4	632B4	633B4	634B4	
				631E6	632E6	633E6	634A4	
				631A6	632A6	633A6	634A6	
				631B6	632B6	633B6	634B6	
				631E8	632E8	633E8	634A4	
				631A8	632A8	633A8	634A8	
				631B8	632B8	633B8	634B8	
Dimensions	Abmessungen	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	m ³ /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	m ²	4,3	6,4	8,6	8,6	12,8	17,1	12,8
External surface	Außenoberfläche	Наружная поверхность	m ²	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	m ³ /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	m ²	4,3	6,4	8,6	8,6	12,8	17,1	12,8
External surface	Außenoberfläche	Наружная поверхность	m ²	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	m ³ /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	m ²	4,3	6,4	8,6	8,6	12,8	17,1	12,8
External surface	Außenoberfläche	Наружная поверхность	m ²	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	dm ³	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.

X 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.

X 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.

X 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