

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему Проект реконструкції охолоджувальної системи Дніпровського
холодильника птахофабрики місткістю 1025 т.**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача

Олійника І.В.

(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕНск-141 групи

Керівник

доц. Подмазко О.С.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти:

доц. Подмазко О.С.

доц. Піщанська Н.О.

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 01.06.2023 р., протокол №10.

Завідувач кафедри

ХУіКП

(назва кафедри)

(підпис)

Михайло ХМЕЛЬНЮК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Низькотемпературної техніки та інженерної механіки</u>
Кафедра	<u>Холодильних установок і кондиціонування повітря</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u>
Спеціальність	<u>142 «Енергетичне машинобудування»</u>
Освітня програма	<u>Енергомашинобудування</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«17» березня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Олійника Ігоря Валерійовича

1. Тема роботи Проект реконструкції охолоджувальної системи Дніпровського холодильника птахофабрики місткістю 1025 т.

Затверджена наказом ОНТУ від 26.08.2022 р. наказ № 490-03

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2023 р.

3. Вихідні дані роботи: м.Дніпро, місткість 1025т., реконструкція охолоджувальної системи.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: ВСТУП; ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ; ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА; РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР; РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ; ВИБІР ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ; ПОБУДОВА ЦИКЛІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ЗНЯТТЯ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛОВИХ ТОЧОК; ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ; РОЗРАХУНОК ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТОРА; РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛДЖУВАЧА; РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА; РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ІНШОГО ОБЛАДНАННЯ; РОЗРАХУНОК ШВИДКОМОРОЗИЛЬНОГО АПАРАТА; ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙ; АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ; ОХОРОНА ПРАЦІ; ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ; СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень): план холодильника птахофабрики, розрізи холодильника, розведення трубопроводів в ізометрії, конденсатор кожухотрубний.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Подмазко О.С., доц. ХУ і КП	17.03.2023 р.	15.05.2023 р.
Цивільний захист	Подмазко О.С., доц. ХУ і КП	17.03.2023 р.	20.05.2023 р.
Економічна частина	Басюркіна Н.Й., д.е.н., проф.	17.03.2023 р.	25.05.2023 р.

7. Дата видачі завдання 17.03.2023 р.

Керівник Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання Олійник Ігор Валерійович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	04.04.23	Викон.
2	Підготовка основних розділів роботи	28.04.23	Викон.
3	Підготовка розділу з охорони праці	03.05.23	Викон.
4	Підготовка економічного розділу	08.05.23	Викон.
5	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	15.05.23	Викон.
6	Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи	26.05.23	Викон.
7	Підготовка презентації та доповіді	31.05.23	Викон.
8	Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	08.06.23	Викон.

Здобувач-дипломник Олійник Ігор Валерійович

Керівник роботи Подмазко Олександр Степанович

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Олійник Ігор Валерійович

ПІБ

Підпис

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра Олійника Ігоря Валерійовича на тему:

«Проект реконструкції охолоджувальної системи Дніпровського холодильника птахофабрики місткістю 1025 т.»

Керівник: доц., к.т.н. Подмазко О.С.

Метою роботи було порівняння холодильних систем з безпосереднім кипінням аміаку у теплообмінних апаратах, встановлених в камерах зберігання, та використанням проміжного холодоносія, у якості якого виступав розчин етиленгліколю (46,4%), на базі Дніпровського холодильника птахофабрики. Система з проміжним холодоносієм має перевагу внаслідок того, що знижує ризик контакту аміаку з продуктами у камерах зберігання та персоналом підприємства (птахофабрики), зручністю в обслуговуванні, можливістю більш гнучкого регулювання температури для підтримки потрібних параметрів що задовольняє нашим вимогам, та більш високою стійкістю до корозії порівняно з аміаком або розчином солей. У кваліфікаційній роботі були проведені теплові розрахунки компресорів та іншого обладнання для порівняння їх работ при різних температурних режимах через зміну систем охолодження. Використання етиленгліколю також передбачало використання пластинчатих випарників замість кожухотрубних. Також у кваліфікаційній роботі були розглянуті аспекти цивільного захисту та охорони праці на підприємстві.

Кваліфікаційна робота складається з 73 сторінок друкованого тексту, 11 ілюстрацій, 37 таблиць та 11 літературних джерел.

Ключові слова: холод, аміак, етиленгліколь, теплообмінники, температура, тиск, системи з проміжним холодоносієм, компресор, конденсатор.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Bachelor's qualification thesis of Oliinyk Igor Valeriyovych on the topic:

«Reconstruction project of the cooling system of the Dnipro refrigerator of the poultry farm with a capacity of 1,025 tons»

Supervisor: associate professor, Ph.D. Podmazko O.S.

The purpose of the work was to compare refrigeration systems with direct boiling of ammonia in heat exchangers installed in storage chambers, and the use of an intermediate coolant, which was a solution of ethylene glycol (46.4%), based on the Dnipro refrigerator of a poultry farm. The system with an intermediate coolant has the advantage of reducing the risk of ammonia contact with products in storage chambers and company personnel (poultry factory), ease of maintenance, the possibility of more flexible temperature regulation to maintain the required parameters that meet our requirements, and higher corrosion resistance compared to ammonia or salt solution. In the qualifying work, thermal calculations of compressors and other equipment were carried out to compare their operation at different temperature regimes due to the change of cooling systems. The use of ethylene glycol also involved the use of plate evaporators instead of shell and tube evaporators. Also, aspects of civil protection and labor protection at the enterprise were considered in the qualification work.

The qualification work consists of 73 pages of printed text, 11 illustrations, 37 tables and 11 literary sources.

Keywords: cold, ammonia, ethylene glycol, heat exchangers, temperature, pressure, systems with an intermediate coolant, compressor, condenser.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	9
2 ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА.....	11
3 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР.....	14
4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ.....	17
5 ВИБІР ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ.....	29
6 ПОБУДОВА ЦИКЛІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ЗНЯТТЯ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛОВИХ ТОЧОК.....	31
7 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ.....	35
8 РОЗРАХУНОК ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТОРА.....	43
9 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА.....	46
10 РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА.....	47
11 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ІНШОГО ОБЛАДНАННЯ.....	48
12 РОЗРАХУНОК ШВИДКОМОРОЗИЛЬНОГО АПАРАТА.....	51
13. ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙ.....	54
14 АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	59
15 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
16 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	72

					Проект реконструкції охолоджувальної системи Дніпровського холодильника птахофабрики місткістю 1025 т.					
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахункова- пояснювальна записка			Літера	Арк	Аркушів
Розробив	Олійник І.В.							6	73	
Перевір.	Подмазко О.С.									
Н. контр.										
Затверд.										
					ОНТУ гр. ЕНск-141					

ВСТУП

Птахівництво — галузь сільського господарства, що спеціалізується на виробництві м'яса птиці, харчових яєць, і пуху (пере).

Птахівництво поділяється на:

приватне;

промислове.

Харчові яйця отримують в основному від курей яєчних порід, у меншому обсязі від м'ясо-яєчних і м'ясних курей. Головним способом виробництва м'яса птиці є вирощування бройлерів. Для отримання м'яса птиці розводять м'ясні породи курей, качок, гусей, домашніх індичок, цесарок, а також перепелів, страусів і м'ясних голубів.

Сучасні птахоферми (птахофабрики) є повноцінними виробництвами, що займаються як вирощуванням птиці, так і виготовленням напівфабрикатів з її м'яса. Основні процеси автоматизовані. Для утримання птахів найчастіше використовується клітинна батарея.

Побічною продукцією птахівництва є пух і перо, а відходи виробництва використовуються для виготовлення м'ясо-кісткового борошна. Одночасно пташиний послід використовується як цінне органічне добриво.

Україна має одні з найбільш сприятливих агрокліматичних умов у світі для розвитку агропромислового комплексу як у сфері рослинництва, так і у сфері тваринництва. Особливе місце у сфері тваринництва посідає галузь птахівництва.

Порівняно з Росією, Польщею, Чехією, Румунією та іншими сусідами країна має найкращі складові для розвитку птахівництва. Це один із ключових факторів перспективності розвитку галузі птахівництва в Україні.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата		7

Особливістю галузі є обмеження територіального розташування виробництва м'яса птиці та яєць, висока біологічна скоростиглість птиці та швидке відтворення. Ці фактори мають велике значення для ритмічних поставок продукції у великі міста, промислові центри та курортні зони.

Птахівництво ефективно реагує на розвиток інтенсифікації виробництва і належить до галузей, які мають можливість здійснювати розширене відтворення за рахунок впровадження прогресивних технологій, використання інновацій та випуску конкурентоспроможної продукції.

Системи охолодження в промисловості відіграють важливу роль у забезпеченні оптимальних умов зберігання продукції. У сучасних умовах, де якість продукції та витратоощадне виробництво мають вирішальне значення, ефективне функціонування охолоджувальних систем стає особливо важливим.

На птахофабриці, застосування застарілих систем охолодження може призвести до численних проблем, таких як нестабільне зберігання продукції та збитки. Недостатня ефективність, ненадійність та високі витрати енергії є поширеними проблемами, які можуть вплинути на якість та економічну доцільність птахофабрики.

Заміна існуючої системи охолодження на систему з проміжним холодоносієм є одним зі способів поліпшення ефективності та надійності охолоджувальної системи. Використання проміжного холодоносія, яке може бути більш ефективним у передачі тепла, дозволяє забезпечити кращий контроль температурного режиму та знизити споживання енергії. Це може привести до зменшення затрат і покращення якості зберігання продукції.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата		8

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Охолодження тушок бройлерів в камерах зберігання з використанням проміжного холодоносія - розчину етиленгліколю є ефективною технологією, яка може покращити якість та тривалість зберігання м'яса, а також зменшити витрати на охолодження. Нижче наведено розділ, що містить технічне обґрунтування цього проекту.

1.1) Опис технології:

Охолодження в камерах зберігання передбачає використання холодинної системи, яка забезпечує розподіл холодоносія - розчину етиленгліколю по камерам з продукцією. Цей розчин циркулює через систему трубопроводів, у спеціальних для цього метода повітроохолоджувачах, що встановлюються у камерах, та допомагає ефективно охолоджувати тушки бройлерів, підтримуючи оптимальну температуру зберігання.

1.2) Переваги використання технології:

- Підвищена якість регулювання: Більш краще регулювання температури та вологості дозволяє створити більш сприятливі умови зберігання продуктів.
- Безпека: Холодоносії відносно безпечні з точки зору застосування у приміщеннях з присутністю людей або при потенційному контакті з продукцією.
- Обмеження: Відсутність обмеження на відстані при розміщенні обладнання далеко від охолоджуваних приміщень, необхідні параметри забезпечуються підбором відповідної насосної станції;

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата		9

1.3) Технічні вимоги та особливості впровадження:

- Додаткова установка: Необхідно замінити або встановити повітроохолоджувачі у камерах зберігання продукту для розчину етиленгліколю що буде у них циркулювати у них, а також використовувати у якості випарника тільки пластинчаті теплообмінники.
- Обслуговування та технічне обслуговування: Система потребуватиме регулярного технічного обслуговування, перевірок роботи, очищення та контролю рівня холодоносія.

1.4) Очікувані економічні результати:

- Збільшення терміну зберігання: Завдяки оптимальним умовам зберігання, тушки бройлерів можуть мати подовжений термін зберігання, що сприятиме збільшенню наявності продукту на ринку.
- Енергоефективність: Використання енергоефективної технології охолодження дозволить зменшити витрати на електроенергію порівняно з іншими методами охолодження.
- Мінімальна потреба в холодоагенті, а також мінімізація фінансових втрат при витоках внаслідок меншої вартості охолоджувача в порівнянні з холодоагентом.
- Оскільки система охолодження вторинним холодоагентом має певну залишкову вартість, амортизаційні витрати устаткування знижуються.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата		10

2. ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА

Будівельну площу камер схову визначаємо по формулі:

$$F_{\text{буд}} = \frac{B_k}{q_v \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta} \quad (2.1)$$

$$F_{\text{буд}} = \frac{256,25}{0,38 \cdot 4,5 \cdot 0,8} = 187,32 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{буд}} = \frac{768,75}{0,38 \cdot 4,5 \cdot 0,8} = 561,95 \text{ м}^2$$

де

q_v - норма навантаження на 1 м³ вантажного обсягу камери;

$h_{\text{гр}}$ - вантажна висота штабеля, м;

β - коефіцієнт використання площі камер, що враховує площу камери, зайняту колонами або проходами.

Число будівельних прямокутників:

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f} \quad (2.2)$$

$$n = \frac{187,32}{72} = 2,6$$

$$n = \frac{561,95}{72} = 10,41$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		11

де

f – будівельна площа одного прямокутника, залежить від вибраної сітки
КОЛОН

Сітка колон 6X12

Дійсна місткість камери:

$$V_K^D = V_K^P \cdot \left(\frac{n_D}{n}\right) \quad (2.3)$$

$$V_K^D = 256,25 \cdot \left(\frac{6}{2,6}\right) = 590,9 \text{ т}$$

$$V_K^D = 768,75 \cdot \left(\frac{12}{7,8}\right) = 1181,9 \text{ т}$$

Всі розрахунки зводимо до таблиці №2.1

Таблиця №2.1 Розрахунок будівельних площ

	$V_K, \text{ т}$	$q, \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$	$h_{гр}, \text{ м}$	β	$F, \text{ м}^2$	$f, \text{ м}^2$	n_p	n_d	$V_d, \text{ т}$
Бройлери охолоджені	256,25	0,38	4,5	0,8	187,32	72	2,6	6	590,9
Бройлери заморожені	768,75	0,38	4,5	0,8	561,95	72	7,8	12	1181,9

Загальна площа основних камер схову:

$$F_{K.зб.} = n_d \cdot f = 18 \cdot 72 = 1296 \text{ м}^2 \quad (2.4)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		12

Площа камер охолодження:

$$F_{\text{к.о.}} = \frac{M \cdot \tau}{q_f \cdot 24} = \frac{25,6 \cdot 24}{0,3 \cdot 24} = 85,42 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

Площа камер заморожування:

$$F_{\text{к.з.}} = \frac{M \cdot \tau}{q_f \cdot 24} = \frac{25,6 \cdot 24}{0,3 \cdot 24} = 85,42 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Необхідна площа охолодженого складу

$$\begin{aligned} F_{\text{охл}} &= F_{\text{к.зб.}} + F_{\text{доп}} + F_{\text{к.о.}} + F_{\text{к.з.}} = \\ &= 1296 + 324 + 85,42 + 85,42 = 1790,84 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Площа службових приміщень:

$$F_{\text{с.пом}} = (0,2 \div 0,4) \cdot F_{\text{охл}} = 0,2 \cdot 1790,84 = 358,17 \text{ м}^2 \quad (2.8)$$

Площа машинного відділення:

$$F_{\text{м.о}} = (0,05 \div 0,35) \cdot F_{\text{охл}} = 0,1 \cdot 1790,84 = 179,08 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		13

3. РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР

Товщину ізоляційного шару огороження визначаємо по формулі:

$$\delta_{\text{втр}} = \lambda_{\text{із}} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{з}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right] \quad (3.1)$$

де $\lambda_{i_z} \lambda i$ - коефіцієнти теплопровідності ізоляційного шару і будівельних матеріалів що складають конструкцію огороження, Вт/(м К)

K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі огороження, прийнятий у залежності від характеру огороження і температур по обох боках від нього, Вт/(м² К)

$\alpha_{\text{з}}$ - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої або більш теплої боці огороження, Вт/(м² К)

$\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої або більш холодної боці огороження, Вт/(м² К)

Після вибору дійсної товщини ізоляції визначаємо дійсний коефіцієнт теплопередачі за формулою:

$$K_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}} \quad (3.2)$$

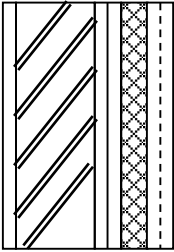
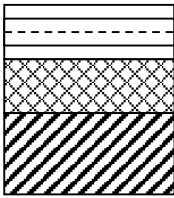
Усі розрахунки зводимо в таблицю №3.1

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		14

Таблиця №3.1 Розрахунок теплоізоляційного шару огорожень

Огородження	$t_0, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$	$\alpha_z, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$	$\alpha_v, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$	$\Sigma Ri, \frac{\text{м}^2\cdot\text{К}}{\text{Вт}}$	$\delta_t, \text{м}$	$\delta_d, \text{м}$	кТ	кД
внутрішня	0	0,05	8	9	0,543	0,070	0,08	0,46	0,42
	-20	0,05	8	9	0,543	0,140	0,14	0,28	0,28
зовнішня	0	0,05	8	9	0,546	0,086	0,1	0,4	0,36
	-20	0,05	23	9	0,546	0,182	0,2	0,23	0,21
покриття	-20	0,05	23	9	0,079	0,216	0,22	0,22	0,22
перегородка	0/0; -20/-20	0,05	9	9	0,077	0,071	0,08	0,58	0,53
	0/-20	0,05	9	9	0,077	0,157	0,16	0,29	0,29
	0/0	0,05	9	11	0,077	0,072	0,08	0,58	0,53
підлога	-20	0,05	23	6	2,43	0,106	0,11	0,21	0,21

Таблиця №3,2 Конструкції огорожень

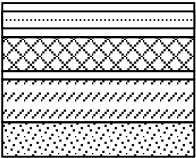
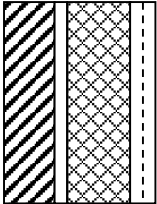
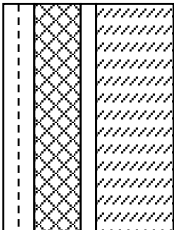
Найменування і конструкція огорожень	Найменування і матеріал шару	На шару $\delta_i, \text{м}$	Коеф. теплопровідності $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$	Тепловий опір $R_i, \text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$
Зовнішня стіна (з цегли) 	1. Штукатурка складним розчином по метал. сітці	0,02	0,98	0,020
	2. Теплоізоляція ПСБ-С	треб. визн. 0,004	0,05	треб. визн. 0,013
	3. Пароізоляція-2шару гідроізолу на бітумній мастиці	0,20	0,93	0,022
	4. Штукатурка цементно-піщана	0,500	0,81	0,469
	5. Кладка цегляна на цементному розчині	0,020	0,93	0,022
	6. Штукатурка складним розчином			$\Sigma=0,546$
Покриття охолоджуваних приміщень 	1.5 шарів гідроізолу на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,040
	2. Стяжка з бетону по метал. сітці	0,040	1,86	0,022
	3. Пароізоляція (шар пергаміну)	0,001	0,15	не врах.
	4. Плитна теплоізоляція ПСБ-С	треб. визн.	0,05	—
	5. Залізобетонна плита покриття	0,035	2,04	0,017
			$\Sigma=0,079$	

Лист

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

15

Змн. Арк № документа Підпис Дата

Найменування і конструкція огорожень	Найменування і матеріал шару	На шару $\delta_i, \text{м}$	Коеф. теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт/мК}$	Тепловий опір $R_i \text{ м}^2\text{К/Вт}$
<p>Підлога камер схову</p> 	1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону	0,040	1,86	0,022
	2. Армобетона стяжка	0,080	1,86	0,043
	3. Пароізоляція (1 шар пергаміну)	0,001	0,15	не врах.
	4. Плитна теплоізоляція ПСБ-С	треб. визн.	0,05	---
	5. Цементно-піщаний розчин	0,025	0,98	0,026
	1. Ущільнений пісок	1,35	0,58	2,338
	7. Бетонна підготовка з ел. нагрівання. устр.	—	—	—
				$\Sigma=2,43$
<p>Перегородка між камерами</p> 	1. Штукатурка складним розчином по метал. сітці	0,02	0,98	0,020
	2. Теплоізоляція ПСБ-С	треба визн	0,05	—
	3. Пароізоляція -- 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	—
	4. Зовнішній шар з важкого бетону	0,080	1,86	0,013
				0,043
				$\Sigma=0,077$
<p>Внутрішня стінова панель</p> 	1. Панель з керамзитобетону ($\rho=1100\text{кг/м}^3$)	0,240	0,47	0,51
	2. Пароізоляція – 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	0,013
	3. Плитна теплоізоляція ПСБ-С	треб. визн.	0,05	—
	4. Штукатурка складним розчином по метал. сітці	0,020	0,98	0,020
				$\Sigma=0,543$

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

16

4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ

Теплоприпливи через огородження розраховуємо по формулі:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} \quad (4.1)$$

Теплоприпливи через стіни, перегородки, покриття і перекриття:

$$Q_{1T} = \kappa_d \cdot F \cdot (t_3 - t_b) \cdot 10^{-3} \quad (4.2)$$

де

κ_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огородження, Вт/мК

F-площа камери, м²

t_3 - температура зовнішнього повітря, °С

t_b - температура внутрішнього повітря, °С

Теплоприпливи від сонячної радіації:

$$Q_{1C} = \kappa_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

де

Δt_c - надлишкова різниця температур , що характеризує дію сонячної радіації в літню пору , °С

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		17

Камера №1

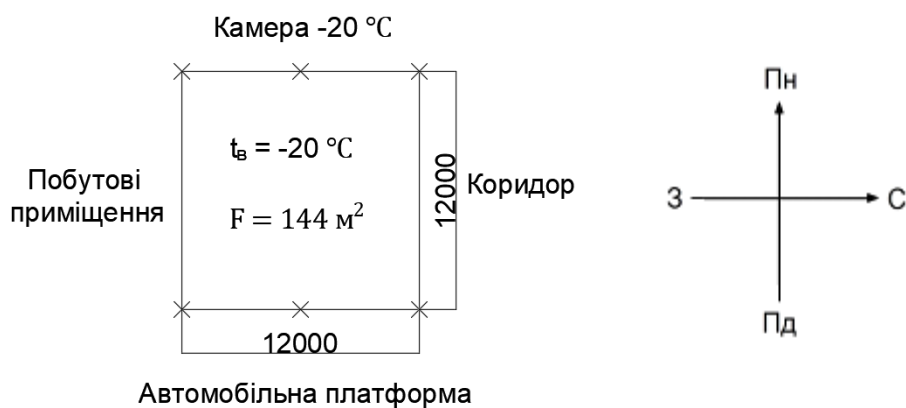


Рис. №4.1 Планування камери №1

Висоту камери приймаємо на 1,2 м вище за рахунок товщини балки, тому

$$h_{\text{кам}} = 4,5 + 1,2 = 5,7\text{ м.}$$

Покриття світлих тонів, $\Delta t_c = 14,9\text{ °C}$

СВ Пн- стіна внутрішня північна

СВ Сх- стіна зовнішня східна

СЗ Пд- стіна зовнішня південна

СВ Зх- стіна зовнішня західна

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

18

Теплоприпливи через огородження розраховуємо по формулі:

$$Q_{1T}^{CB \text{ Пн}} = Q_{1T}^{CB \text{ Пн}} \cdot Q_{1C}^{CB \text{ Пн}} = 0 \text{ кВт} \quad (4.4)$$

$$Q_{1T}^{CB \text{ Сх}} = Q_{1T}^{CB \text{ Сх}} \cdot Q_{1C}^{CB \text{ Сх}} = 0,709 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{C3 \text{ Пд}} = Q_{1T}^{C3 \text{ Пд}} \cdot Q_{1C}^{C3 \text{ Пд}} = 0,771 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{CB \text{ Зх}} = Q_{1T}^{CB \text{ Зх}} \cdot Q_{1C}^{CB \text{ Зх}} = 0,608 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{\text{покриття}} = Q_{1T}^{\text{покриття}} \cdot Q_{1C}^{\text{покриття}} = 1,647 \cdot 0,463 = 2,11 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{\text{підлога}} = Q_{1T}^{\text{підлога}} \cdot Q_{1C}^{\text{підлога}} = 0,625 \text{ кВт}$$

Теплоприпливи через стіни, перегородки, покриття і перекриття:

$$Q_{1T}^{CB \text{ Пн}} = 0,53 \cdot 68,4 \cdot (-20 + 20) \cdot 10^{-3} = 0 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

$$Q_{1T}^{CB \text{ Сх}} = 0,28 \cdot 68,4 \cdot 0,7 \cdot (33 + 20) \cdot 10^{-3} = 0,709 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{C3 \text{ Пд}} = 0,21 \cdot 68,4 \cdot (33 + 20) \cdot 10^{-3} = 0,771 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{CB \text{ Зх}} = 0,28 \cdot 68,4 \cdot 0,6 \cdot (33 + 20) \cdot 10^{-3} = 0,608 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{\text{покриття}} = 0,22 \cdot 144 \cdot (33 + 20) \cdot 10^{-3} = 1,647 \text{ кВт}$$

$$Q_{1T}^{\text{підлога}} = 0,21 \cdot 144 \cdot (1 + 20) \cdot 10^{-3} = 0,625 \text{ кВт}$$

Теплоприпливи від сонячної радіації:

$$Q_{1C}^{\text{покриття}} = 0,22 \cdot 144 \cdot 14,9 \cdot 10^{-3} = 0,463 \text{ кВт} \quad (4.6)$$

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №1 зводимо у таблицю №4.1.

Таблиця №4.1. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №1

Огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_3, \text{°C}$	$t_{\text{кам}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\Delta t_c, \text{°C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_1, \text{кВт}$
СВ Пн	0,53	68,4	-20	-20	0	-	0,000	-	0,000
СВ Сх	0,28	68,4	-	-20	37,1	-	0,709	-	0,709
СЗ Пд	0,21	68,4	33	-20	53	-	0,771	-	0,771
СВ Зх	0,28	68,4	-	-20	31,8	-	0,608	-	0,608
покриття	0,22	144	33	-20	53	14,9	1,647	0,463	2,110
підлога	0,21	144	1	-20	21	-	0,625	-	-
Всього									4,198

Камера №2

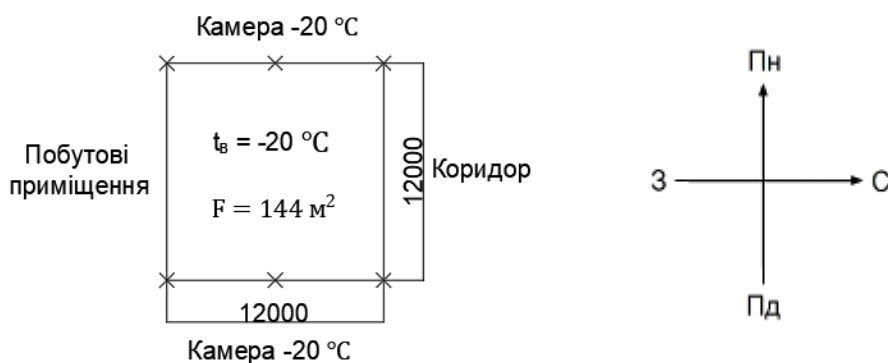


Рис. №4.2 Планування камери №2

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №2 зводимо у таблицю №4.2.

Таблиця №4.2. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №2

Огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_3, \text{°C}$	$t_{\text{кам}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\Delta t_c, \text{°C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_1, \text{кВт}$
СВ Пн	0,53	68,4	-20	-20	0	-	0	-	0
СВ Сх	0,28	68,4	-	-20	37,1	-	0,709	-	0,709
СВ Пд	0,53	68,4	-20	-20	0	-	0	-	0
СВ Зх	0,28	68,4	-	-20	31,8	-	0,608	-	0,608
покриття	0,22	144	33	-20	53	14,9	1,647	0,463	2,110
підлога	0,21	144	1	-20	21	-	0,625	-	0,625
Всього									4,052

Камера №3

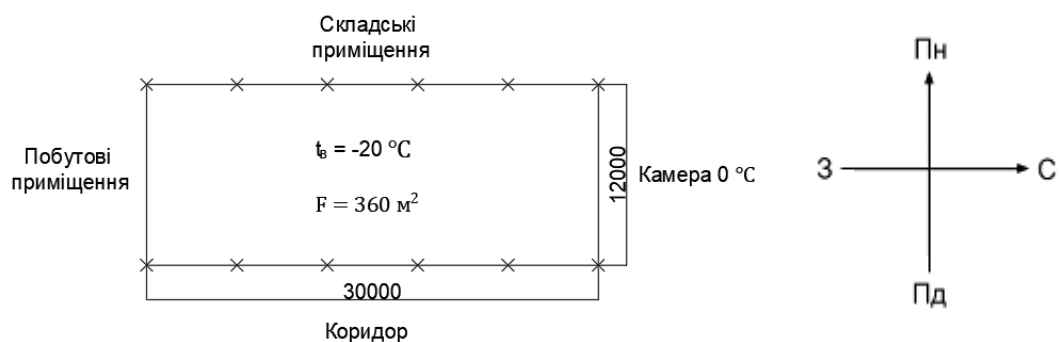


Рис. №4.3 Планування камери №3

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №3 зводимо у таблицю №4.3.

Таблиця №4.3. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №3

Огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_{\text{з}}, \text{°C}$	$t_{\text{кам}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\Delta t_{\text{с}}, \text{°C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_1, \text{кВт}$
СВ Пн	0,28	171	-	-20	31,8	-	1,519	-	1,519
СВ Сх	0,29	68,4	0	-20	20	-	0,391	-	0,391
СВ Пд	0,28	34,2	-	-20	37,1	-	0,355	-	0,355
СВ Зх	0,28	68,4	-	-20	31,8	-	0,608	-	0,608
покриття	0,22	360	33	-20	53	14,9	4,118	1,158	5,275
підлога	0,21	360	1	-20	21	-	1,562	-	1,562
Всього									9,710

Камера №4

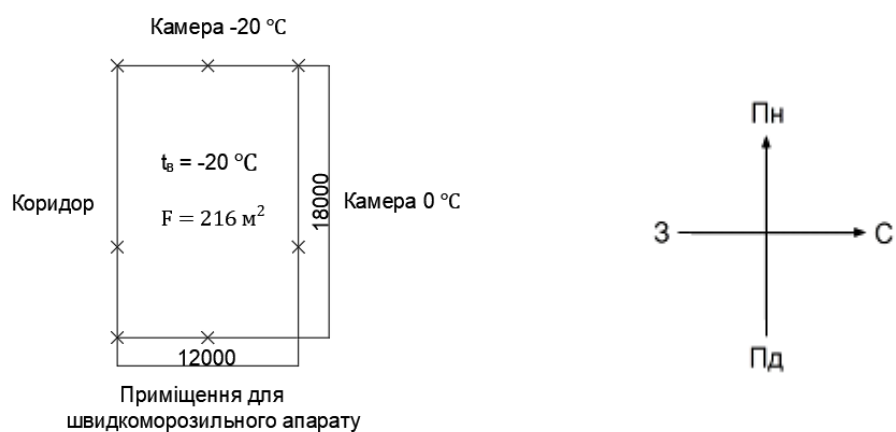


Рис. №4.4 Планування камери №4

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

21

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №4 зводимо у таблицю №4.4.

Таблиця №4.4. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №4

Огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_z, \text{°C}$	$t_{\text{кам}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\Delta t_c, \text{°C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_1, \text{кВт}$
СВ Пн	0,53	68,4	-20	-20	0	-	0,000	-	-
СВ Сх	0,29	102,6	0	-20	20	-	0,586	-	0,586
СВ Пд	0,28	68,4	-	-20	31,8	-	0,608	-	0,608
СВ Зх	0,28	102,6	-	-20	37,1	-	1,064	-	1,064
покриття	0,22	216	33	-20	53	14,9	2,471	0,695	3,165
підлога	0,21	216	1	-20	21	-	0,937	-	0,937
Всього									6,360

Камера №5

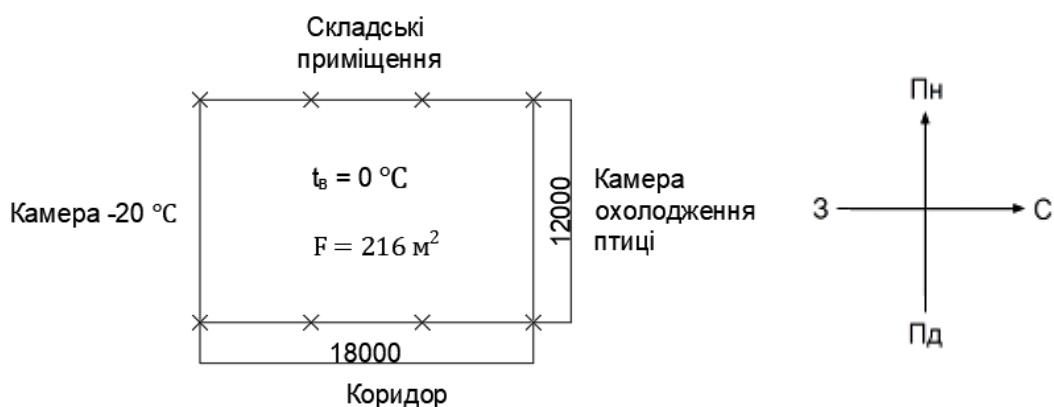


Рис. №4.5 Планування камери №5

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №5 зводимо у таблицю №4.5.

Таблиця №4.5. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №5

Огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_z, \text{°C}$	$t_{\text{кам}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\Delta t_c, \text{°C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_1, \text{кВт}$
СВ Пн	0,42	102,6	-	0	19,8	-	0,854	-	0,854
СВ Сх	0,53	68,4	0	0	0	-	0,000	-	0,000
СВ Пд	0,42	34,2	-	0	23,1	-	0,332	-	0,332
СВ Зх	0,29	68,4	-20	0	-20	-	-0,391	-	-
покриття	0,22	216	33	0	33	14,9	1,538	0,695	2,233
підлога	0,21	216	1	0	1	-	0,045	-	0,045
Всього									3,463

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

22

Камера №6

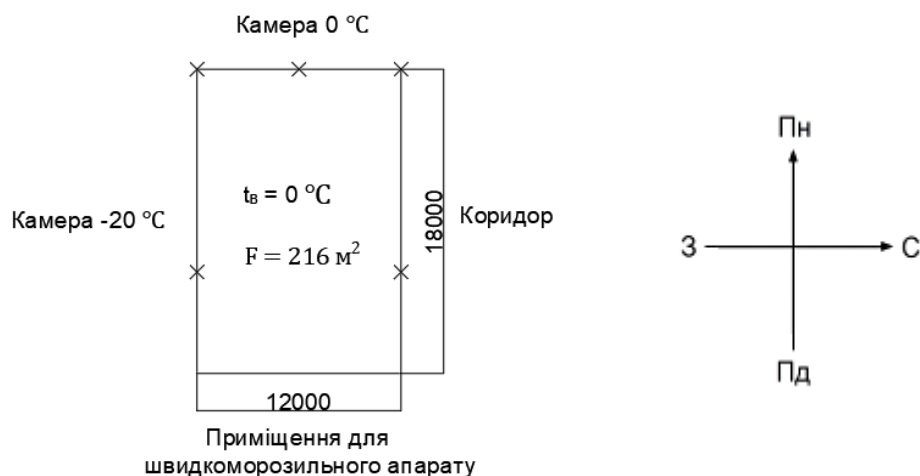


Рис. №4.6 Планування камери №6

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №6 зводимо у таблицю №4.6.

Таблиця №4.6. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №6

Огородження	$k, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$F, м^2$	$t_з, °C$	$t_{кам}, °C$	$\Delta t, °C$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1T}, кВт$	$Q_{1C}, кВт$	$Q_1, кВт$
СВ Пн	0,53	68,4	0	0	0	-	0,000	-	0,000
СВ Сх	0,42	102,6	-	0	23,1	-	0,996	-	0,996
СВ Пд	0,42	68,4	-	0	19,8	-	0,569	-	0,569
СВ Зх	0,29	102,6	-20	0	-20	-	-0,586	-	-
покриття	0,22	216	33	0	33	14,9	1,538	0,695	2,233
підлога	0,21	216	1	0	1	-	0,045	-	0,045
Всього									3,843

Камера №7

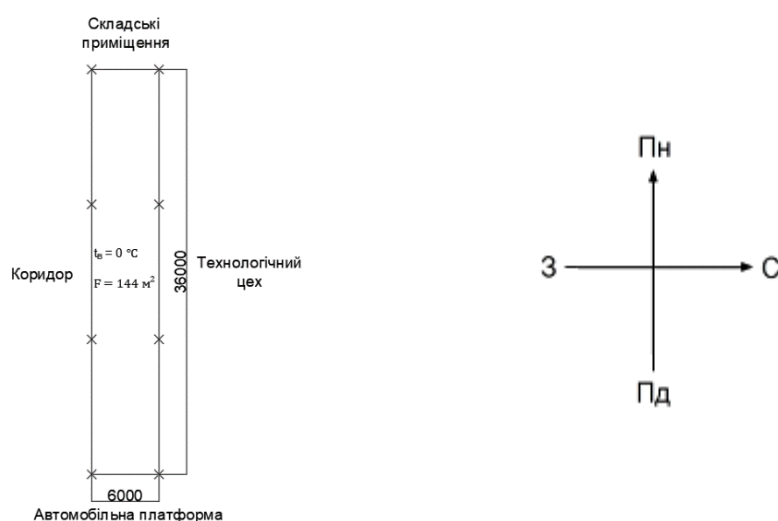


Рис. №4.7 Планування камери №7

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

23

Розрахунок теплоприпливу Q_1 для камери №7 зводимо у таблицю №4.7.

Таблиця №4.7. Розрахунок теплоприпливу Q_1 камери №7

Огородження	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_3, \text{°C}$	$t_{\text{кам}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\Delta t_e, \text{°C}$	$Q_{1T}, \text{кВт}$	$Q_{1C}, \text{кВт}$	$Q_1, \text{кВт}$
СВ Пн	0,53	68,4	0	0	0	-	0,000	-	0,000
СВ Сх	0,42	102,6	-	0	23,1	-	0,996	-	0,996
СВ Пд	0,42	68,4	-	0	19,8	-	0,569	-	0,569
СВ Зх	0,29	102,6	-20	0	-20	-	-0,586	-	-
покриття	0,22	216	33	0	33	14,9	1,538	0,695	2,233
підлога	0,21	216	1	0	1	-	0,045	-	0,045
Всього									3,843

Теплоприпливи від вантажів при холодильній обробці розраховуємо по формулі:

$$Q_2 = Q_{2\text{пр}} + Q_{2\text{гар}} \quad (4.7)$$

Теплоприплив від термічної обробки продуктів

$$Q_{2\text{пр}} = M \cdot \Delta i \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} \quad (4.8)$$

де

M - добове надходження продукту в камеру, т/добу.

Δi - ентальпія початкової і кінцевої температури продукту, Дж/кг

τ - тривалість холодильної обробки продукту, ч

1000 – коефіцієнт переводу із тон у кг

3600 – коефіцієнт переводу із годин у секунди

Теплоприплив від тари

$$Q_{2 \text{ тар}} = M_{\text{тар}} \cdot C_{\text{тар}} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} \quad (4.9)$$

де

$M_{\text{тар}}$ - добове надходження тари, т/ добу

$C_{\text{тар}}$ - питома теплоємність тари, кДж / (кг К)

t_1, t_2 - температура тари до надходження в камеру і після термообробки, °С

Всі розрахунки звожу до таблиці.

Таблиця 4.8 Розрахунок теплоприпливів Q_2

№ камери	Вд, т	%	$M_{\text{пр}}, \frac{\text{т}}{\text{добу}}$	$t_{\text{пост}}, \text{°C}$	$t_{\text{зб}}, \text{°C}$	$\Delta t_c, \text{°C}$	$h_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$h_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$\Delta h, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$M_t, \frac{\text{т}}{\text{добу}}$	$C_t, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	%	$Q_{2\text{пр}}, \text{кВт}$	$Q_{2\text{т}}, \text{кВт}$	$Q_2, \text{кВт}$
1	197,0	8	15,8	-20	-20	0	39,4	0	39,4	1,576	2,3	10	7,187	0,00	7,187
2	197,0	8	15,8	-20	-20	0	39,4	0	39,4	1,576	2,3	10	7,187	0,00	7,187
3	492,5	6	29,5	-20	-20	0	39,4	0	39,4	2,955	2,3	10	13,475	0,00	13,475
4	295,5	6	17,7	-20	-20	0	39,4	0	39,4	1,773	2,3	10	8,085	0,00	8,085
5	197,0	8	15,8	4	0	4	297	232	65	1,576	2,3	10	11,856	0,17	12,024
6	197,0	8	15,8	4	0	4	297	232	65	1,576	2,3	10	11,856	0,17	12,024
7	197,0	8	15,8	4	0	4	297	232	65	1,576	2,3	10	11,856	0,17	12,024

Експлуатаційні теплоприпливи

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (4.10)$$

Теплоприплив від освітлення

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (4.11)$$

де

A - кількість тепла, що виділяється освітленням в одиницю часу на м² площі підлоги, Вт / м²

F - площа підлоги, м²

Теплоприплив від перебування людей

$$q_2 = 0,35 \cdot n \quad (4.12)$$

де

0,35 - тепловиділення однієї людини при важкій фізичній роботі, кВт

n - число людей, працюючих в одному помешканні.

Теплоприплив від працюючих електродвигунів

$$q_3 = Ne \cdot \eta \quad (4.13)$$

де

Ne - потужність електродвигунів, кВт

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		26

Теплоприпливи при відкритті дверей

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (4.14)$$

де

K - питомий приплив тепла при відкритті дверей, Вт/м²

Всі розрахунки зводимо до табл.№4.9

Таблиця№4.9. Розрахунок теплоприливу Q4

№ камери	F, м ²	A, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	q1, кВт	n	q2, кВт	Nэ, кВт	η	q3, кВт	K	q4, кВт	Q4, кВт
1	144	2,3	0,331	3	1,050	2	0,8	1,600	12	1,728	4,709
2	144	2,3	0,331	3	1,050	2	0,8	1,600	12	1,728	4,709
3	360	2,3	0,828	3	1,050	2	0,8	1,600	8	2,880	6,358
4	216	2,3	0,497	3	1,050	2	0,8	1,600	8	1,728	4,875
5	216	2,3	0,497	3	1,050	2	0,8	1,600	12	2,592	5,739
6	216	2,3	0,497	3	1,050	2	0,8	1,600	12	2,592	5,739
7	216	4,7	1,015	3	1,050	6	0,8	4,800	10	2,160	9,025

Визначення навантаження на компресор і камерне устаткування

Таблиця №4.10 Загальна таблиця теплоприпливів

№ камери	Q1		Q2		Q4		ΣQ		
	Кам.обл.	КМ 100%	Кам.обл.	КМ 50%	Кам.обл.	КМ 75%	Кам.обл.	КМ	
to = -11									
Камера №5	3,463	3,463	12,024	6,012	5,739	4,304	21,226	13,779	
Камера №6	3,843	3,843	12,024	6,012	5,739	4,304	21,606	14,159	
Камера №7	7,394	7,394	12,024	6,012	9,025	6,769	28,443	20,175	
Всього								48,113	
to = -31									
Камера №1	4,198	4,198	7,187	3,593	4,709	3,532	16,094	11,323	
Камера №2	4,052	4,052	7,187	3,593	4,709	3,532	15,947	11,177	
Камера №3	9,710	9,710	13,475	6,737	6,358	4,769	29,543	21,216	
Камера №4	6,360	6,360	8,085	4,042	4,875	3,656	19,320	14,059	
Всього								57,774	

Холодопродуктивність компресорів розраховуємо по формулі

$$Q_0 = \frac{k \cdot Q_k}{b} \quad (4.15)$$

де

k - коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах, апаратах холодильної установки.

Q_k - сумарне навантаження на компресори для даної температури кипіння, прийнята по зведеній таблиці теплоприпливів, кВт

b- коефіцієнт робочого часу.

$$Q_0^{-11} = \frac{1,12 \cdot 48,113}{1} = 53,887 \text{ кВт} \quad (4.16)$$

$$Q_0^{-31} = \frac{1,12 \cdot 57,774}{1} = 64,707 \text{ кВт} \quad (4.17)$$

5. ВИБІР ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

Температура кипіння:

$$t_o = t_s - (4 \div 6) = -27 - 4 = -31^\circ\text{C} \quad (5.1)$$

Температура холодоносія:

$$t_s = t_{\text{кам}} - (7 \div 10) = -20 - 7 = -27^\circ\text{C} \quad (5.2)$$

Температура води, яка надходить на конденсатор

$$t_{w1} = t_{\text{MT}} + (3 \div 4) = 26,5 + 3 = 29,5^\circ\text{C} \quad (5.3)$$

Температура води, що виходить із конденсатора

$$t_{w2} = t_{w1} + (2 \div 5) = 29,5 + 2,5 = 32^\circ\text{C} \quad (5.4)$$

Температура конденсації

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 5) = 32 + 2 = 34^\circ\text{C} \quad (5.5)$$

Температура переохолодження холодильного агента перед регулюючим
вентилем

$$t_{\text{по}} = t_k - (4 \div 6) = 34 - 4 = 30^\circ\text{C} \quad (5.6)$$

Температура усмоктування

$$t_{\text{BC}} = t_o + (5 \div 10) = -31 + 5 = -26^\circ\text{C} \quad (5.7)$$

Розрахунок температур зводимо у таблицю №5.1

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		29

Таблиця №5.1. Температурні режими роботи хол.машин.

№ камери	t_o	t_s	t_{w1}	t_{w2}	t_k	$t_{по}$	$t_{вс}$
1	-31	-27	29,5	32	34	30	-26
2	-31	-27	29,5	32	34	30	-26
3	-31	-27	29,5	32	34	30	-26
4	-31	-27	29,5	32	34	30	-26
5	-11	-7	29,5	32	34	30	-6
6	-11	-7	29,5	32	34	30	-6
7	-11	-7	29,5	32	34	30	-6

Таблиця №5.2. Температурні режими роботи хол.машин (при безпосередньому охолодженні)

№ камери	t_o	t_{w1}	t_{w2}	t_k	$t_{по}$	$t_{вс}$
1	-25	29,5	32	34	30	-20
2	-25	29,5	32	34	30	-20
3	-25	29,5	32	34	30	-20
4	-25	29,5	32	34	30	-20
5	-7	29,5	32	34	30	-2
6	-7	29,5	32	34	30	-2
7	-7	29,5	32	34	30	-2

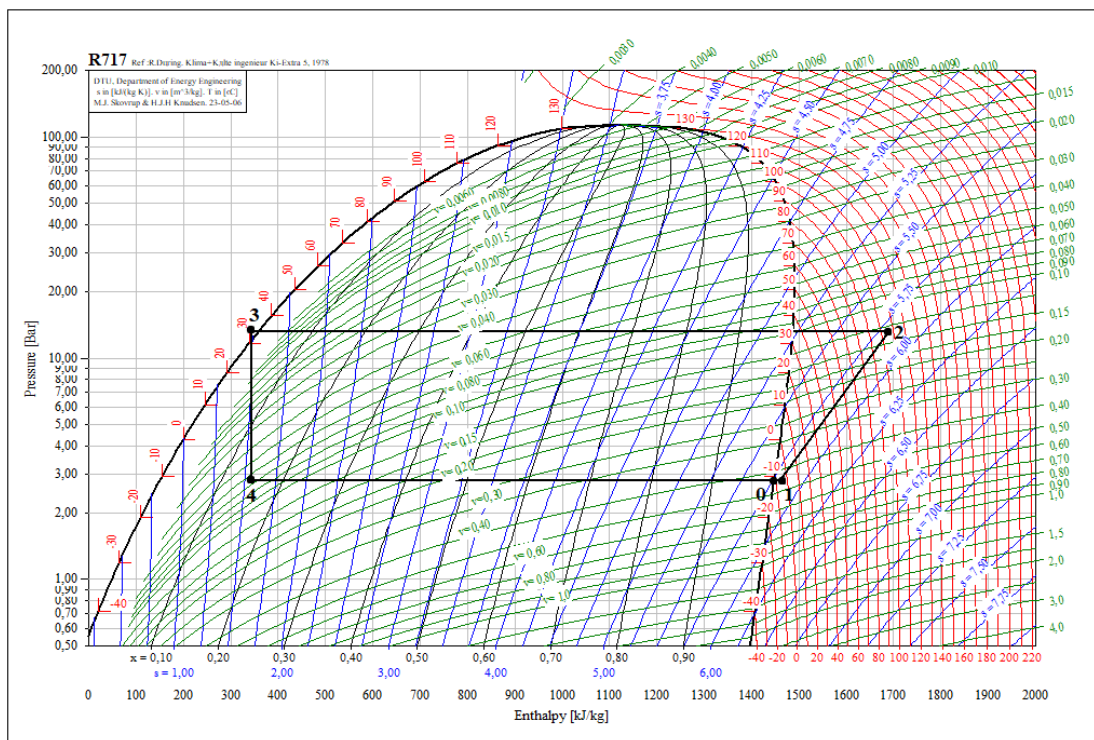
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

6. ПОБУДОВА ЦИКЛІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ЗНЯТТЯ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛОВИХ ТОЧОК

Зображення:

- схеми холодильної машини;
- циклу холодильної машини в i -lg P діаграмми

Цикл холодильної машини для камери $t_{\text{кам}} = 0^\circ\text{C}$ в i -lg P діаграмми



Таблиця №6.1. Параметри вузлових точок холодильного циклу

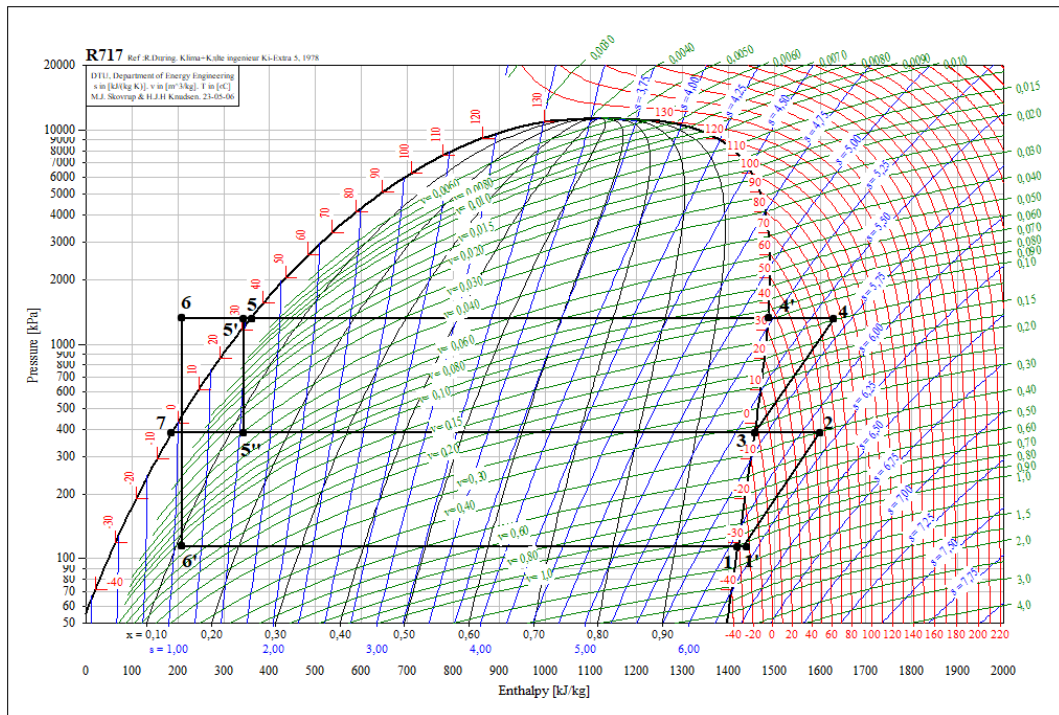
№ точки	Параметри			
	T, °C	P, кПа	V, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	h, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
0	-11	279,1	-	1448,1
1	-6	279,1	0,444	1460,6
2	106,6	1312,1	0,1335	1690,4
3	30	1312,1	-	343,8
4	-11	279,1	-	343,8

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

Зображення:

- схеми холодильної машини;
- циклу холодильної машини в i -lg P діаграмми

Цикл холодильної машини для камери $t_{\text{кам}} = -20^{\circ}\text{C}$ в i -lg P діаграмми



Таблиця №6.2. Параметри вузлових точок холодильного циклу

№ точки	Параметри			
	T, °C	P, кПа	V, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	h, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
1	-31	113,8	-	1420,9
1'	-26	113,8	1,031	1432,5
2	55	386,4	0,402	1598,7
3	-2,7	386,4	0,319	1457,7
4	84	1312	0,123	1631,1
4'	34	1312	-	1487,2
5	34	1312	-	358
5'	30	1312	-	343,8
5''	-2,7	386,4	-	343,8
6	2,3	1312	-	210,5
6'	-31	113,8	-	210,5
7	-2,7	386,4	-	187,5

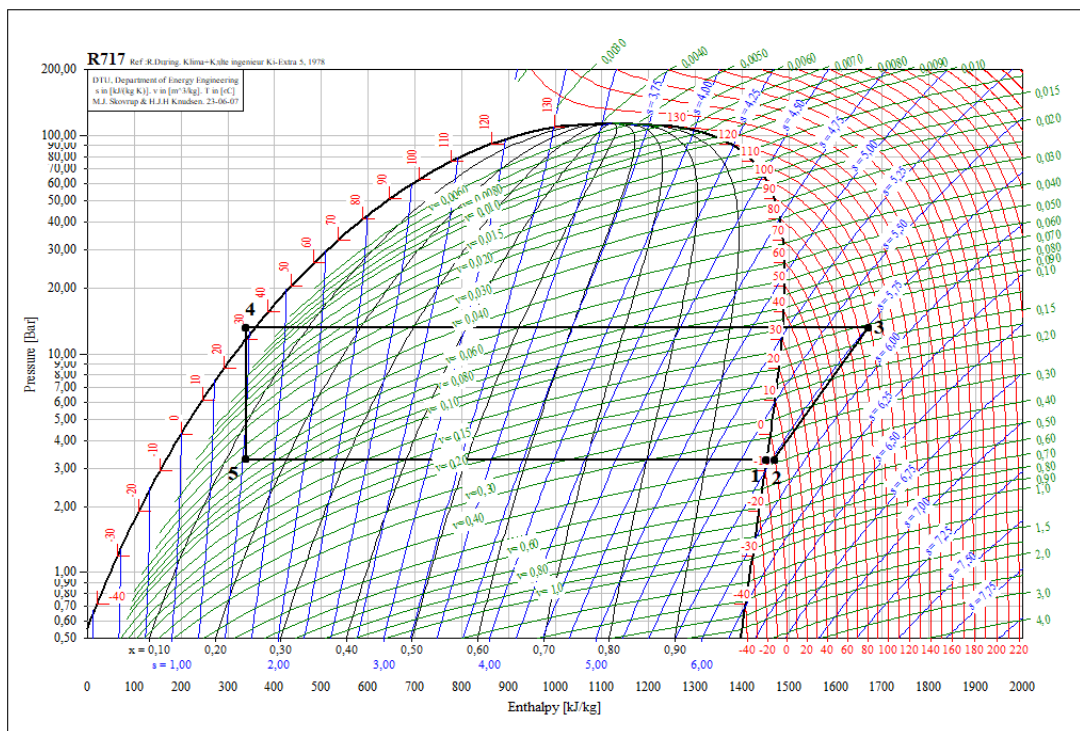
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата
------	-----	-------------	--------	------

При безпосередньому охолодженні:

Зображення:

- схеми холодильної машини;
- циклу холодильної машини в i -lg P діаграмми

Цикл холодильної машини для камери $t_{\text{кам}} = 0^\circ\text{C}$ в i -lg P діаграмми



Таблиця №6.3. Параметри вузлових точок холодильного циклу

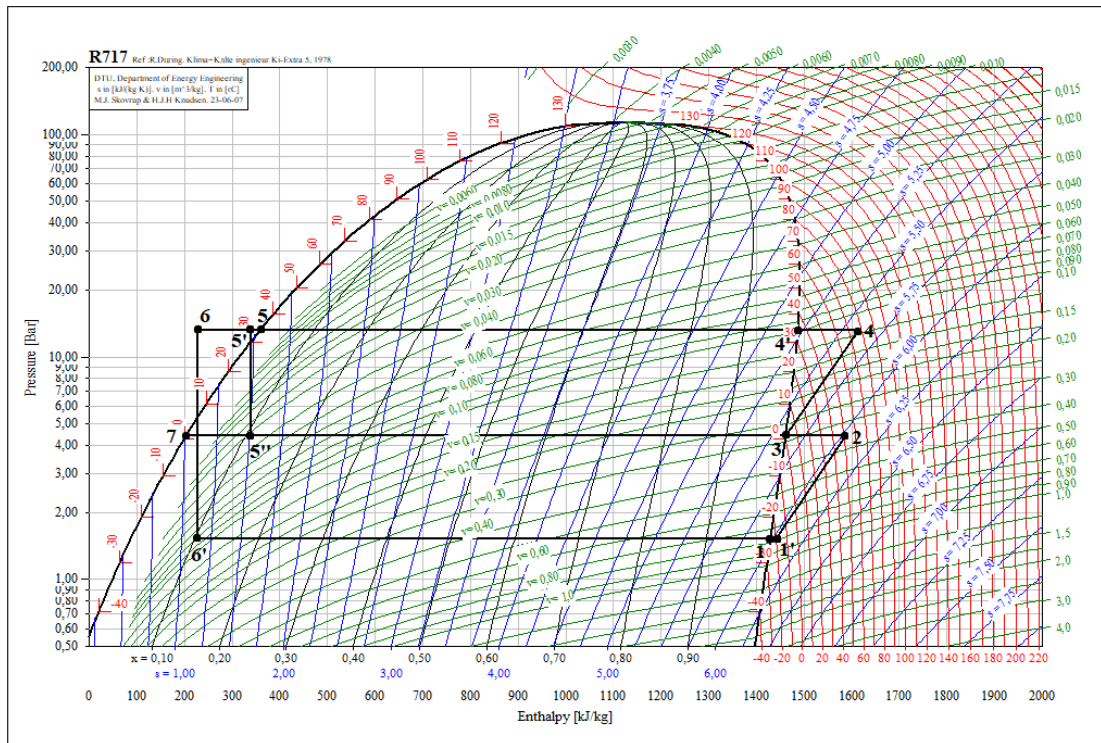
№ точки	Параметри			
	T, °C	P, кПа	V, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	h, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
0	-7	328		1452,8
1	-2	328	0,382	1465,6
2	98	1312,1	0,13	1669,4
3	30	1312,1		339
4	-11	328		339

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

Зображення:

- схеми холодильної машини;
- циклу холодильної машини в i -lg P діаграмми

Цикл холодильної машини для камери $t_{\text{кам}} = -20^{\circ}\text{C}$ в i -lg P діаграмми



Таблиця №6.4. Параметри вузлових точок холодильного циклу

№ точки	Параметри			
	T, °C	P, кПа	V, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	h, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
1	-25	151,5		1429,6
1'	-20	151,5	0,789	1441,4
2	52	445,9	0,344	1587,7
3	1	445,9	0,279	1461,7
4	77	1312	0,12	1613,8
4'	34	1312		1487,2
5	34	1312		358
5'	30	1312		339
5''	1	445,9		339
6	6	1312		227,5
6'	-25	151,5		227,5
7	1	445,9		204,4

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата
------	-----	-------------	--------	------

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

34

7. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ

Розрахунок одноступінчатого компресору:

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента:

$$q_o = h_1 - h_4 = 1460,6 - 343,8 = 1116,8 \quad (7.1)$$

Масова витрата пару

$$m_d = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{53,887}{1116,8} = 0,048 \quad (7.2)$$

де Q_o - навантаження на компресор з обліком витрат, кВт

Дійсна об'ємна подача

$$V_d = m_d \cdot v_1 = 0,048 \cdot 0,444 = 0,021 \quad (7.3)$$

де v_1 - питома об'ємна усмоктуваного пару, м³/кг

Коефіцієнт подачі компресору:

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_\omega = 0,78 \cdot 0,85 = 0,66 \quad (7.4)$$

Індикаторний коефіцієнт подачі компресору

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \frac{P_o - \Delta P_{bc}}{P_o} - c \cdot \left(\frac{P_k + \Delta P_n}{P_o} - \frac{P_o - \Delta P_{bc}}{P_o} \right) = \\ &= \frac{279,1 - 10}{279,1} - 0,005 \cdot \left(\frac{1312,1 + 10}{1312,1} - \frac{279,1 - 10}{279,1} \right) = 0,78 \end{aligned} \quad (7.5)$$

Коефіцієнт невидимої витрати компресору

$$\lambda_\omega = \frac{T_o}{T_k} = \frac{262}{307} = 0,85 \quad (7.6)$$

Теоретична об'ємна подача

$$V_T = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,021}{0,66} = 0,032 \quad (7.7)$$

Питома об'ємна холодопродуктивність в робочих умовах:

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{1116,8}{0,444} = 2515,3 \quad (7.8)$$

Адіабатна потужність:

$$N_a = m_d \cdot (h_2 - h_1) = 0,048 \cdot (1690,4 - 1460,6) = 11,1 \quad (7.9)$$

Індикаторний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta_i = \lambda_\omega + b \cdot t_o = 0,85 + 0,001 \cdot (-11) = 0,84 \quad (7.10)$$

$$b = 0,001$$

Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i} = \frac{11,1}{0,84} = 13,16 \quad (7.11)$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_T \cdot P_{тр} = 0,032 \cdot 50 = 1,6 \quad (7.12)$$

$$P_{тр} = 50-60 \text{ Н}$$

Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 13,16 + 1,62 = 14,76 \quad (7.13)$$

Потужність на валу двигуна:

$$N_{дв} = \frac{(1,1 \div 1,12) \cdot N_e}{\eta_{п}} = \frac{1,1 \cdot 14,78}{0,99} = 16,42 \quad (7.14)$$

$$\eta_{п} = 0,96 \div 0,99 - \text{КПД передачі}$$

Тепловий потік в конденсаторі:

$$Q_k = Q_o + N_i = 53,887 + 13,16 = 67,049 \text{ кВт} \quad (7.15)$$

Таблиця №7.1, Тепловий розрахунок компресора:

Камера	q_o $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	m_d $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	V_d $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	λ_i	λ_ω	λ	V_T $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	q_v $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	N_a кВт	η_i	N_i кВт	$N_{тр}$ кВт	N_e кВт	$N_{дв}$ кВт	Q_k кВт
$t_o = -11$	1116,8	0,048	0,021	0,78	0,85	0,66	0,032	2515,3	11,1	0,84	13,16	1,62	14,78	16,42	67,049

По теоретичній об'ємній подачі $V_T = 0,032 \text{ м}^3/\text{с}$ підбираємо компресор марки Bitzer W6HA - 1шт.

Розрахунок двоступінчатого компресору:

Розрахунок ступеню низького тиску:

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента:

$$q_0 = h_1' - h_6' = 1432 - 210,5 = 1222 \quad (7.16)$$

Дійсна маса всмоктуемого пару:

$$m_d = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{64,707}{1222} = 0,05 \quad (7.17)$$

де Q_0 - навантаження на компресор з обліком витрат, кВт

Дійсна об'ємна подача

$$V_d = m_d \cdot v_1' = 0,05 \cdot 1,031 = 0,055 \quad (7.18)$$

де v_1' - питомий обсяг усмоктуваного пару, м³/кг

Коефіцієнт подачі компресору:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_\omega = 0,89 \cdot 0,89 = 0,79 \quad (7.19)$$

Коефіцієнт подачі що враховує втрати мертвого простору компресору:

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left[\left(\frac{P_{пр}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,05 \cdot \left[\left(\frac{386,4}{113,8} \right)^{1,05} - 1 \right] = 0,89 \quad (7.20)$$

Коефіцієнт невидимої витрати компресору

$$\lambda_\omega = \frac{T_0}{T_{пр}} = \frac{242}{270,3} = 0,89 \quad (7.21)$$

Теоретична об'ємна подача

$$V_{т.цнд} = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,055}{0,79} = 0,068 \quad (7.22)$$

Адіабатна потужність:

$$N_a \text{ цнд} = m_d \cdot (h_2 - h_1') = 0,05 \cdot (1598,7 - 1432,5) = 8,8 \quad (7.23)$$

Індикаторний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta_i = \lambda_\omega' + b \cdot t_o = 0,89 + 0,001 \cdot (-31) = 0,86 \quad (7.24)$$

Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i} = \frac{8,8}{0,86} = 10,18 \quad (7.25)$$

Потужність тертя:

$$N_{\text{тр}} = V_T \cdot P_{\text{тр}} = 0,068 \cdot 50 = 3,43 \quad (7.26)$$

Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{\text{тр}} = 10,18 + 3,43 = 13,61 \quad (7.27)$$

Потужність на валу двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{(1,1 \div 1,12) \cdot N_e}{\eta_{\text{п}}} = \frac{1,12 \cdot 13,61}{0,99} = 15,39 \quad (7.28)$$

Розрахунок ступеню високого тиску:

Кількість рідини до першого дроселювання, необхідна для проміжного охолодження пару:

$$m' = m_d \cdot \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_5''} = 0,05 \cdot \frac{1598,7 - 1457,7}{1457,7 - 343,8} = 0,0067 \quad (7.29)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		38

Кількість рідини до першого дроселювання, необхідна для охолодження рідини в змійовику:

$$m'' = m' \cdot \frac{h_5' - h_6}{h_3 - h_5''} = 0,0067 \cdot \frac{343,8 - 210,5}{1457,7 - 343,8} = 0,0008 \quad (7.30)$$

Кількість пару, засмоктує мого циліндром високого тиску:

$$m = m_d + m' + m'' = 0,05 + 0,0067 + 0,0008 = 0,0575 \quad (7.31)$$

Дійсна об'ємна подача

$$V_d = m \cdot v_3 = 0,0575 \cdot 0,319 = 0,019 \quad (7.32)$$

де v_3 - питомий обсяг усмоктуваного пару, м³/кг

Коефіцієнт подачі компресору:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_\omega = 0,89 \cdot 0,88 = 0,78 \quad (7.33)$$

Коефіцієнт подачі що враховує втрати мертвого простору компресору:

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left[\left(\frac{P_K}{P_{\text{пр}}} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,05 \cdot \left[\left(\frac{1312,1}{386,4} \right)^{1,05} - 1 \right] = 0,89 \quad (7.34)$$

Коефіцієнт невидимої витрати компресору

$$\lambda_\omega = \frac{T_{\text{пр}}}{T_K} = \frac{270,3}{307} = 0,88 \quad (7.35)$$

Теоретична об'ємна подача

$$V_T \text{ ЦВД} = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,019}{0,78} = 0,025 \quad (7.36)$$

Адіабатна потужність:

$$N_a \text{ ЦНД} = m \cdot (h_4 - h_3) = 0,0575 \cdot (1631,1 - 1457,7) = 10,48 \quad (7.37)$$

Індикаторний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta_i = \lambda_\omega + b \cdot t_o = 0,88 + 0,001 \cdot (-31) = 0,85 \quad (7.38)$$

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		39

Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{Na}{\eta_i} = \frac{10,48}{0,85} = 12,34 \quad (7.39)$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_{т\ ЦВД} \cdot P_{тр} = 0,025 \cdot 50 = 1,25 \quad (7.40)$$

Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 12,34 + 1,25 = 13,59 \quad (7.41)$$

Потужність на валу двигуна:

$$N_{дв} = \frac{(1,1 \div 1,12) \cdot N_e}{\eta_p} = \frac{1,12 \cdot 13,59}{0,99} = 15,35 \quad (7.42)$$

Тепловий потік в конденсаторі:

$$Q_k = Q_o + N_{i\ ЦНД} + N_{i\ ЦВД} = 64,707 + 10,18 + 12,34 = 87,227 \quad (7.43)$$

Таблиця №7.2. Тепловий розрахунок компресора ЦНД

Камера	q_o	m_d	V_d	λ_c	λ_ω	λ	V_T	Na	η_i	N_i	$N_{тр}$	N_e	$N_{дв}$
	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{м^3}{с}$				$\frac{м^3}{с}$	кВт		кВт	кВт	кВт	кВт
$t_o = -31$ ЦНД	1222	0,05	0,055	0,88	0,89	0,79	0,068	8,8	0,86	10,18	3,43	13,61	15,39

Таблиця №7.3. Тепловий розрахунок компресора ЦВД

Камера	m'	m''	m	V_d	λ_c	λ_ω	λ	V_T	Na	η_i	N_i	$N_{тр}$	N_e	$N_{дв}$	Q_k
	$\frac{кг}{с}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{м^3}{с}$				$\frac{м^3}{с}$	кВт		кВт	кВт	кВт	кВт	кВт
$t_o = -31$ ЦВД	0,0067	0,0008	0,0575	0,019	0,89	0,88	0,78	0,025	10,48	0,85	12,34	1,25	13,59	15,35	87,227

По теоретичній об'ємній подачі $V_T = 0,068 \frac{м^3}{с}$ підбираємо компресор марки OSNA7472 на ЦНД

По теоретичній об'ємній подачі $V_T = 0,025 \frac{м^3}{с}$ підбираємо компресор марки W4GA на ЦВД

Тепловий розрахунок компресорів при безпосередньому охолодженні:

Таблиця №7.4, Тепловий розрахунок компресора:

Камера	q_0	m_d	V_d	λ_i	λ_ω	λ	V_T	qv	N_a	η_i	N_i	$N_{тр}$	N_e	$N_{дв}$	Q_k
	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{м^3}{с}$				$\frac{м^3}{с}$	$\frac{кДж}{м^3}$	кВт		кВт	кВт	кВт	кВт	кВт
$t_0 = -7$	1126,6	0,048	0,018	0,82	0,87	0,71	0,026	2949,2	9,7	0,86	11,34	1,3	12,63	14,04	65,229

Таблиця №7.5. Тепловий розрахунок компресора ЦНД

Камера	q_0	m_d	V_d	λ_i	λ_ω	λ	V_T	N_a	η_i	N_i	$N_{тр}$	N_e	$N_{дв}$
	$\frac{кДж}{кг}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{м^3}{с}$				$\frac{м^3}{с}$	кВт		кВт	кВт	кВт	кВт
$t_0 = -25$ ЦНД	1213,9	0,05	0,042	0,91	0,90	0,82	0,051	7,8	0,88	8,86	2,55	11,41	12,91

Таблиця №7.6. Тепловий розрахунок компресора ЦВД

Камера	m'	m''	m	V_d	λ_c	λ_ω	λ	V_T	N_a	η_i	N_i	$N_{тр}$	N_e	$N_{дв}$	Q_k
	$\frac{кг}{с}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{кг}{с}$	$\frac{м^3}{с}$				$\frac{м^3}{с}$	кВт		кВт	кВт	кВт	кВт	кВт
$t_0 = -25$ ЦВД	0,0059	0,0006	0,059	0,017	0,91	0,89	0,81	0,02	9,11	0,87	10,49	1,03	11,53	13,04	84,067

Таблиця №7.7. Технічна характеристика одноступінчатого компресора:

Показники	Марка компресору
	W6HA
Холодопродуктивність, кВт	54,3
Об'ємна подача, $\frac{m^3}{c}$	0,037
Потужність, кВт	22,0

Таблиця №7.8. Технічна характеристика двоступінчатих компресорів:

Показники	Марка компресору	
	OSNA7472	W4GA
Холодопродуктивність, кВт	60,1	41,5
Об'ємна подача, $\frac{m^3}{c}$	0,084	0,028
Потужність, кВт	55	15

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

8. РОЗРАХУНОК ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТОРА

Площа поверхні конденсатора, що передає тепло

$$F = \frac{Q_k}{k \theta_m} = \frac{154276}{800 \cdot 3,09} = 62,5 \text{ м}^2 \quad (8.1)$$

де Q_k - сумарний тепловий потік у КД від усіх груп компресорів, кВт

k - коефіцієнт теплопередачі конденсатора, Вт/м² К

θ_m - середня логарифмічна різниця температур між конденсуючимся

Х/А й охолоджуючим середовищем, °С

Середня логарифмічна різниця температур

$$\theta_m = \frac{t_{b2} - t_{b1}}{2,3 \cdot \lg \frac{t_k - t_{b1}}{t_k - t_{b2}}} = \frac{32 - 29,5}{2,3 \cdot \lg \frac{34 - 29,5}{34 - 32}} = 3,09 \text{ °С} \quad (8.2)$$

Витрата охолоджуючої води, що надходить на КД

$$V_w = \frac{Q_k}{c_w \cdot \rho_w \cdot \Delta t} = \frac{154,276}{4,19 \cdot 1000 \cdot (32 - 29,5)} = 0,015 \quad (8.3)$$

де Q_k - сумарний тепловий потік у КД від усіх груп компресорів, кВт

c_w - питома теплоємність води, $c_w = 4,19$ кДж/кг К

ρ_w - густина води, $\rho_w = 1000$ кг/м³

$t_{b2} - t_{b1}$ - підігрів води в КД, °С

По площі поверхні підбираємо конденсатори марки: 2АК-5.40/8 - 2шт.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		43

Таблиця №8.1. Технічна характеристика конденсатора:

Показники	Марка конденсатору
	2АК-5.40/8
Площа теплообмінної поверхні, м ²	35,2
Габаритні розміри, мм	
Діаметр кожуха	500
Довжина	4430
Ширина	630
Висота	1155
Вхід ХА	50
Вихід ХА	20
Кількість труб	112
Вода (вхід та вихід)	70
Вага, кг	1440

Водяний насос

По витратам охолоджуючої води $V_w = 0,015 \frac{m^3}{c}$ підбираємо насос марки:

К 20/30 – 3шт.

Таблиця №8.2. Технічна характеристика насосів:

Показники	Марка насосу
	К 20/30
Подача, $\frac{л}{c}$	8
Повний напор, м	26
КПД	63
Потужність двигуна, кВт	4

Насос розчину етиленгліколю

Витрата розчину етиленгліколю:

$$V_w = \frac{Q}{c_w \cdot \rho_w \cdot \Delta t} = \frac{154,276}{3,26 \cdot 1060 \cdot 7} = 0,0063 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (3.49)$$

де Q – сумарна навантаження на обладнання, кВт

c_w - питома теплоємність розчину етиленгліколю (46,4%),

$c_w = 3,26$ кДж/кг К

ρ_w - густина розчину етиленгліколю (46,4%), $\rho_w = 1060$ кг/м³

Δt – різниця між температурою розчину і повітрям в камері, °С

По витратам розчину $V_w = 0,0063 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ підбираємо насос марки:

К 20/30 – 2шт.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		45

9. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

Розрахунок і добір батарей і повітроохолоджувачів :

$$F = \frac{Q_{об}}{k \cdot \Delta t} \quad (3.78)$$

де $Q_{об}$ - сумарне навантаження на камерне устаткування визначена тепловим розрахунком, кВт

k - коефіцієнт теплопередачі приладу охолодження Вт/ м²К

Δt - Різниця температур між холодоносієм і повітрям у камері

Всі розрахунки зводимо в табл. №9.1

Таблиця №9.1. Розрахунок повітроохолоджувачів:

Камера №	Q _о , кВт	t _о , °C	Δt, °C	k, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	F, м ²	Повітроохолоджувач	F _д , м ²	Кількість	V _{пов} , м ³
1	16093,9	-31	7	17,5	131,4	Helpman THOR-TH348CT	207	1	0,09
2	15947,4	-31	7	17,5	130,2	Helpman THOR-TH348CT	207	1	0,09
3	29542,6	-31	7	17,5	241,2	Helpman THOR-TH368CT	311,6	1	0,13
4	19319,7	-31	7	17,5	157,7	Helpman THOR-TH348CT	207	1	0,09
5	21226,1	-11	7	17,5	173,3	Helpman THOR-TH348CT	207	1	0,09
6	21605,6	-11	7	17,5	176,4	Helpman THOR-TH348CT	207	1	0,09
7	28443,2	-11	7	17,5	232,2	Helpman THOR-TH368CT	311,6	1	0,13

Таблиця №9.2. Технічна характеристика повітроохолоджувачів Alfa Laval:

Показники	Марка повітроохолоджувача	
	THOR-TH348CT	THOR-TH368CT
Площа теплообмінної поверхні, м ²	207	311,6
Холодопродуктивність, кВт	22,34	29,71
Довжина струї повітря, м	20	32
Вентилятор (п-D), мм	4 x 508	6 x 508
Потужність електродвигуна, Вт	2200	3300
Вага, кг	403	565

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата
------	-----	-------------	--------	------

10. РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА

Площа теплопередавальної поверхні випарника:

$$F = \frac{Q_0}{k \cdot \theta_m} \quad (10.1)$$

де Q_0 - сумарне навантаження на камерне устаткування визначена тепловим розрахунком, кВт
 k - коефіцієнт теплопередачі випарника, Вт/м² К
 θ_m - температурний напір, °С

Всі розрахунки зводимо в табл. №3.24

Таблиця №10.1. Розрахунок випарників:

Камера №	t_0	Q_0 , кВт	θ_m , °С	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$F, \text{м}^2$
1, 2, 3, 4	-31	80903,7	4	500	26,9
5, 6, 7	-11	71274,9	4	500	32,3

По площі поверхні підбираємо випарники марки: alfa laval M6MFD - 2шт.

Таблиця №10.2. Технічна характеристика теплообмінників:

Показники	Модель випарника
	M6MFD
Висота, H, (мм)	940
Ширина, W, (мм)	330
Відстань між осями приєднувальних патрубків по вертикалі, VC, (мм)	640
Відстань між осями приєднувальних патрубків по горизонталі, HC, (мм)	140
Діаметри приєднувального патрубка, (дюйми)	-
Діаметри приєднувального патрубка фланця, (дюйми)	60
Максимальна витрата, ($\frac{\text{кг}}{\text{с}}$)	15
Макс. температура, (°С)	160
Максимальний тиск, (бар)	25

11. РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ІНШОГО ОБЛАДНАННЯ

Лінійний ресивер

В безнасосних системах:

$$V_{л.р} = \frac{0,45 \cdot V_{вип}}{0,8} = \frac{0,45 \cdot 0,208}{0,8} = 0,117 \text{ м}^3 \quad (11.1)$$

де $V_{вип}$ – місткість випарювальної системи, м^3

По $V_{л.р} = 0,058 \text{ м}^3$ підбираємо лінійний ресивер 0,75 РД – 1 шт.

Захисний ресивер

В насосно-циркуляційних системах з нижньою подачею аміаку:

$$V_{з.р}^{-11} = 0,4 \cdot V_{пов} = 0,4 \cdot 0,104 = 0,04 \text{ м}^3 \quad (11.2)$$

$$V_{з.р}^{-31} = 0,4 \cdot V_{пов} = 0,4 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ м}^3$$

По $V_{л.р} = 0,04 \text{ м}^3$ підбираємо захисний ресивер 0,75 РД – 1 шт.

По $V_{л.р} = 0,04 \text{ м}^3$ підбираємо захисний ресивер 0,75 РД – 1 шт.

Таблиця №11.1. Технічна характеристика ресиверів:

Показники	Марка ресивера
	0,75 РД
Розміри, мм	
D x S	600 x 6
L	3020
Діаметр умовного проходу патрубків, мм	
D _y	труб 1,2”
d1	32
d2	25
Місткість, м^3	0,77
Маса, кг	340

Проміжна судина

Проміжна судина призначена для переохолодження рідкого ХА та перегріву пару ХА. Підбирають проміжні судини за діаметром нагнітаючого патрубку ($d = 50\text{мм}$) компресору ступеню низького тиску.

Таблиця №11.2. Технічна характеристика проміжної судини:

Показники	Марка ПС
	40ПСз
Розміри, мм	
D x S	406 x 10
H	2390
B	1010
Діаметр умовного проходу патрубків, мм	
D	65
d1	20
d2	20
d3	65
Місткість, м ³	0,22
Площа зовнішньої поверхні змійовика, м ²	1,75
Маса, кг	330

Маслозбірник

Маслозбірники призначені для перепуску в них мастила з апаратів і наступного виділення мастила із системи при низькому тиску. Підбираємо маслозбірники по місткості масла у найбільшому компресорі.

Таблиця №11.3. Технічна характеристика маслозбірника:

Показники	Марка МЗ
	10МЗС
Розміри, мм	
D x S	159 x 5
H	780
B	485
h	430
h1	180
h2	465
Діаметр умовного проходу патрубків, мм	
d	140
d1	150
d2	14
Місткість, л	8
Маса, кг	18

Віддільник рідини

Підбирають віддільники рідин за діаметром всмоктуючого патрубка ($D_y = 80\text{мм}$) компресору ступеню низького тиску.

Таблиця №11.4. Технічна характеристика віддільника рідини:

Показники	Марка ВР
	70 ОЖГ
Розміри, мм	
D x S	462 x 10
H	1730
B	850
Діаметр умовного проходу патрубків, мм	
D	65
d1	20
d2	40
Місткість, м ³	0,22
Площа зовнішньої поверхні змійовика, м ²	1,75
Маса, кг	330

12. РОЗРАХУНОК ШВИДКОМОРОЗИЛЬНОГО АПАРАТА

Конвеєрний морозильний апарат для заморожування продуктів в блок формах має продуктивність 25,6 (т/доб). Швидкість руху повітря в грузовому відсіку апарата 5 (м/сек). Середня температура повітря в апараті $t_c = -30^\circ\text{C}$, початкова температура продукту $t_1, ^\circ\text{C}$ а кінцева температура продукту $t_2 = -20^\circ\text{C}$

Об'єм лотка, що заморожується, визначаємо по формулі:

$$V_1 = l \cdot b \cdot h = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 0,15 = 0,081 \text{ м}^3 \quad (12.1)$$

де l, b, h довжина, ширина й висота лотка, м

Ухвалюємо, що в одному лотку перебувають по 4 бройлера у 2 ряди.

Масу заморожувального лотка з тушками визначимо по формулі;

$$g_1 = v_1 \cdot \rho_{\text{п}} = 0,081 \cdot 1000 = 81 \text{ кг} \quad (12.2)$$

де $\rho_{\text{п}}$ - щільність продукту, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Тривалість заморожування лотка (сек.) визначаємо по формулі Планка:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{q_{\text{з}} \cdot \rho_{\text{п}}}{t_{\text{кр}} - t_c} \cdot \frac{\delta'}{2} \left[R \frac{\delta'}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha} \right] = \\ &= \frac{232000 \cdot 1000}{-3+30} \cdot \frac{0,15}{2} \left[0,0990 \cdot \frac{0,15}{1,4} + 0,3602 \cdot \frac{1}{24,5} \right] = 16310 \text{ с} = 4,53 \text{ ч} \end{aligned} \quad (12.3)$$

де

$t_{\text{кр}}$ - температуру початку замерзання соків продукту (криоскопическая температура). З;

(t_c - температура теплоотводящей среды. С:

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		51

R і P - допоміжні коефіцієнти, що залежать від форм і співвідношення розмірів продукту, що заморожується;

q_3 - питома кількості теплоти, що приділяється від 1 кг продукту при його заморожуванні від початкової до кінцевої температури. Дж/кг;

δ - товщина, м;

λ - теплопровідність замороженого продукту. Вт(мк)

α -коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту до повітря. Вт/ (м²/К);

Чисельне значення питомої кількості теплоти (Дж/кг) знаходимо по формулі

$$q_3 = i_1 - i_2 = 232 - 0 = 232 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (12.4)$$

де i_1, i_2 - початкова й кінцева ентальпії продукту, кДж/кг:

При заданій швидкості руху повітря в поверхні блок - форм із, м з турбулентному режимі руху число Нуссельта визначаємо по формулі:

$$Nu = 0,032 \cdot Re^{0.8} = 0,032 \cdot (4,17 \cdot 10^5)^{0.8} = 1002,3 \quad (12.5)$$

Число Рейнольдса розраховуємо по рівнянню:

$$Re = \frac{\omega \cdot \delta}{\nu_b} = \frac{5 \cdot 0,9}{10,8 \cdot 10^{-6}} = 4,17 \cdot 10^5 \quad (12.6)$$

де ν_b - кінематична в'язкість повітря при t_b в апараті;

δ -визначальний розмір, м

В якості визначального розміру при поперечному обдуванні ухвалюється довжина лотка.

Для гладкої поверхні коефіцієнт тепловіддачі складає:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_B}{\delta} = \frac{102,3 \cdot 2,2 \cdot 10^{-2}}{0,9} = 24,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (12.7)$$

де

λ_B - теплопровідність повітря при температурі t_c , Вт/(м·К)

По продуктивності $G = 25,6$ т/добу підбираємо 2 морозильні апарати СА-5

Таблиця №12.1. Техніческие характеристики морозильного апарата:

Показники	СА-5
Продуктивність, т/доба	13,3
Товщина продукта, мм	50...70
Місткість, кг	2240
Кількість, шт.	
Візків	8
Деко	208
Площа поверхні охолоджувальних батарей, м ²	811
Температура повітря в апараті, °С	-30
Швидкість руху повітря, м/с	5...6
Кількість електродвигунів до вентиляторів, шт.	4
Потужність електродвигунів, кВт	11,2
Потужність електродвигуна при мінус 30°С, кВт	6,4
Тривалість заморожування, год	3,5...4
Габаритні розміри, мм	
Довжина	4710
Ширина	4900
Висота	3000
Маса, кг	8120

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

53

13. ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙ

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ($O_{НТЕ}$), який

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		54

представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} , \quad (13,1)$$

де $K^{\Phi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K^{\Phi}_{НТЕ}$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 1).

Таблиця 1 Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

Проведення оцінки

Визначають $K^{\Phi}_{НТЕ}$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл. 1.

До числа специфічних показників відносять:

- **для нової техніки:** продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- **для нових матеріалів і речовин:** вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;
- **для нових технологій:** якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K^{\Phi}_{НТЕ}$ у табл. 2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця №13.1. Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новізни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м ³	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (13.2)$$

де $i = 1 \div 4$,

B_i – бали (рейтингове число),

K – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 3).

Таблиця №13.2. Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	8	9	8,33	2,91 (8,33 x 0,35)
2	Перспективність	6	7	6	6,33	2,21 (6,33 x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О						6,78

$$НТЕ = 8,33 \cdot 0,35 + 6,33 \cdot 0,35 + 4,67 \cdot 0,2 + 7,33 \cdot 0,1 = 2,91 + 2,21 + 0,93 + 0,73 = 6,78 \quad (13,3)$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \% \quad (13,4)$$

На основі даних табл. 3.3 можна дійти до висновку, що $K_{НТЕ}$ відповідає 67,8 %, тобто:

$$\frac{6,78}{10} \cdot 100 = 67,8 \% \quad (13,5)$$

В тому випадку, коли значення $K_{НТЕ}$ перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		58

14. АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Регулювання і автоматизація холодильної машини

Системи автоматизації вирішують комплекс завдань по управлінню холодною машиною. Автоматичне регулювання забезпечує точність підтримки заданих параметрів в об'єкті, знижує експлуатаційні витрати, збільшує термін служби устаткування, попереджує аварійні режими. Температура охолоджуваного об'єкту залежить від температури кипіння робочої речовини, яка само встановлюється залежно від продуктивності компресора і конденсатора. Кожен елемент машини має свої характеристики, вони отримані розрахунковим шляхом і представлені в тепловому і конструктивному розрахунках. При об'єднанні в холодною машину усі характеристики перестають бути незалежними і змінюються, як змінюються аргументи, залежно від яких вони побудовані.

Продуктивності компресора і випарника мають бути однакові, конденсатора - строго їм відповідати.

Основні принципи автоматизації елементів холодною машини.

Система захисту холодною установок (САЗ)

У процесі холодною машин і установок з-за відмов окремих вузлів або агрегатів, а також з-за порушень в системах енерго- і повітропостачання можуть виникати небезпечні режими: підвищення тиску і температури, рівня рідини в окремих апаратах або вузлах машин, припинення змащення тертьових пар і т.д. Якщо не будуть прийняті своєчасні заходи, можуть бути пошкоджені або зруйновані компресори, теплообмінні апарати та інші елементи установок. При цьому виникає серйозна небезпека для життя і здоров'я обслуговуючого персоналу. Захист холодною машин і установок включає в себе цілий комплекс технічного обслуговуючих та організаційних заходів, що

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		59

забезпечують безпечну їх експлуатацію. Основною вимогою до САЗ є висока надійність, яка досягається застосуванням високонадійних реле захисту та елементів електричних схем, резервування реле та інших елементів захисту в особливо відповідальних випадках, зменшенням числа елементів, послідовно включаються в САЗ, використанням найбільш безпечних варіантів електричних схем, організацією профілактичних перевірок і ремонт в процесі експлуатації. Система автоматичного управління (САУ). САУ виконує найбільшу кількість функцій в процесах автоматичного управління холодильною установкою. Це – «серце» всього автоматичного контура. У САУ поступають сигнали від САЗ, а також від інших датчиків, використовуваних в технологічній схемі. САУ по сигналу від САЗ вимикає компресор, змінює холодопродуктивність компресора тим або іншим способом. Також САУ блокує пуск установки у випадку якщо необхідні умови для пуску не виконані: відсутній рух охолодженої води на КМ (якщо аміачний), а також на конденсатор, напруга електричного струму вийшла за допустимі межі і т.д. САУ сприймає різні сигнали від приладів, оброблює їх і якщо необхідно –перетворює в інші, а потім формує вихідний сигнал для відповідних виконавчих механізмів.

Склад схеми автоматизації

Схема автоматизації включає: систему автоматичного захисту і систему автоматичного керування. Система автоматичного захисту призначена для запобігання виходу холодильної установки за межі заданого режиму.

У систему автоматичного захисту входять наступні прилади:

- Реле тиску PSA, поз 1в, контролює тиск всмоктування і відключає компресор. Спрацьовує при $P_{вс} < 1$.
- Реле тиску PSA2б призначене для запобігання запуску компресора з закритим нагнітальним вентилем.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		60

- Реле температури TSA3б контролює температуру нагнітання холодильного агенту від підвищення, щоб запобігти небезпечні режими роботи компресора.

- Реле тиску PSA 6б у системі автоматизації служить для підтримки тиску конденсації в повітряному конденсаторі на необхідному рівні.

Контури системи автоматизації

Захист від вакууму у випарнику:

PT1a → 1 → PSA1в → HL1 → CA3 → HL5 → CAУ → 8 → ПМ2 → ДКМ

Захист по тиску на боці нагнітання:

PT2a → 2 → PSA2б → HL2 → CA3 → HL5 → CAУ → 8 → ПМ2 → ДКМП

Захист по температурі нагнітання:

TE3a → 3 → TSA3б → HL3 → CA3 → HL5 → CAУ → 8 → ПМ2 → ДКМ

Захист від перегріву електродвигуна:

TL4a → 4 → TSA4б → HL4 → CA3 → HL5 → CAУ → 8 → ПМ2 → ДКМ

Пуск і зупинка холодильної установки за допомогою систем автоматизації

Пуск:

Ключем управління КУ1 відбувається зняття блокування системи автоматичного захисту, про це буде свідчити освітлювальна лампа. Машиніст ключем управління КУ2 включає двигуни вентиляторів повітроохолоджувачів, повітряного конденсатора і відкриває терморегулюючий вентиль. Після цього машиніст натиском кнопки на пульті включає компресор.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		61

Зупинка:

Зупинка здійснює після припинення подавання холодильного агенту. В разі чого припиняється подача холодильного агента в повітроохолоджувачі і по досягненню тиску кипіння 1 атм спрацьовує САЗ і відключається компресор. Після зупинки компресора машиніст натисканням кнопок HS1 і HS2 зупиняє роботу двигунів вентиляторів.

12.6. Вибір приладів і пристроїв автоматики.

Позиція	Найменування приладу	Призначення приладу	Тип приладу
1в	Реле тиску	Захист компресора від пониженого тиску всмоктування	РД22
2б	Реле тиску	Захист компресора від підвищеного тиску нагнітання	РД22
2а	Терморегулюючий вентиль	Регулювання заповнення рідким агентом секції ВО	ТРВ
3б,4б	Реле температури	Захист компресора від підвищеної температури нагнітання, підвищеної температури обмоток двигуна	ТР-ОМ5-09

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

62

96	Реле температури	Підтримка постійної температури в об'єкті охолодження	ТР-2А-06ТМ
66	Реле тиску конденсації	Контроль тиску конденсації	РД-2-02
НА	Електричний дзвінок	Сигналізація аварійних режимів машини	3-220
КС	Кнопкова станція	Перемикач режимів роботи машини («ручний», «автоматичний»)	
ПМ1-ПМ9	Пускач магнітний	Пуск, зупинка двигуна компресора, вентиляторі	ПМЕ-211 МКУ-48
КУ2	Кнопка управління	Вмикання і вимикання холодильної машини	К-03
СА3	Система автоматичного захисту	Автоматичний захист холодильної машини від аварійних режимів праці	
САУ	Система автоматичного управління	Автоматичне управління холодною машиною	

Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16

Лист

63

15. ОХОРОНА ПРАЦІ

Холодильні установки призначені для підтримання визначеної температури у холодильних камерах. У зв'язку з наявністю у холодильних установках холодоагентів – аміаку або хладонів, що знаходяться під значним тиском і мають небезпечні властивості, експлуатація їх вимагає суворого дотримання техніки безпеки і технічних умов. При розгерметизації холодильної установки в навколишнє середовище може виділитись одночасно велика маса холодоагенту і мастила, що являє собою реальну небезпеку для людей та навколишнього природного середовища.

Конструкція апаратів (посудин) кожної холодильної установки, їх експлуатація і технічне опосвідчення підприємством-власником (обслуговуючою організацією) повинні відповідати вимогам Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

Адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити холодильні установки необхідним штатом обслуговуючого персоналу або укласти договір зі спеціальною організацією на комплексне технічне обслуговування автоматизованих холодильних установок.

До обслуговування холодильних установок допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медичне опосвідчення і мають свідоцтво про закінчення спеціального навчального закладу або курсів: з експлуатації холодильних установок – для машиністів, з автоматизації холодильних установок – для слюсарів, з експлуатації та автоматизації холодильних установок – для електромеханіків. Машиніст і електромеханік допускаються до самостійного обслуговування холодильних установок тільки після проходження стажування протягом 1 місяця і відповідної перевірки знань.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		64

Допуск їх до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

Не рідше одного разу на рік комісія підприємства перевіряє знання обслуговуючим персоналом правил технічного обслуговування холодильної установки, техніки безпеки, інструкцій з експлуатації обладнання та охорони праці, а також наявність навичок надання долікарської допомоги у разі нещасних випадків. Результати такої перевірки реєструються у журналі та в посвідченнях обслуговуючого персоналу.

У деяких випадках при технічному опосвідченні апарата перед пуском у роботу дозволяється не здійснювати випробування його надмірним тиском. Так, у холодильних агрегатах, що доставляються на місце монтажу повністю заповненими хладоном і маслом, апарати піддаються тільки зовнішньому огляду і перевірці на наявність у них холодоагенту. Випробовують їх на щільність разом із системою змонтованих трубопроводів. Якщо монтаж апарата здійснювався із застосуванням зварювання або паяння елементів, працюючих під тиском, то випробування його перед пуском у роботу є обов'язковим.

У процесі експлуатації холодильних установок здійснюються періодичний огляд апаратів (посудин) у робочому стані згідно з інструкцією щодо експлуатації, а також їх технічне опосвідчення. При технічному опосвідченні апаратів їх піддають зовнішньому та (у доступних місцях) внутрішньому огляду не рідше одного разу на 2 роки і випробуванню надмірним тиском не рідше одного разу на 8 років. У аміачних холодильних установках апарати, не доступні для внутрішнього огляду, піддаються пневматичним випробуванням на міцність і щільність не рідше одного разу на 2 роки.

Технічне обслуговування і ремонт аміачних холодильних установок і неагрегованих хладонових установок здійснюється штатним обслуговуючим персоналом, а агрегованих холодильних установок заводських поставок, працюючих у автоматичному режимі, - обслуговуючим персоналом спеціалізованої організації.

Як холодоагент у аміачних холодильних установках використовується аміак, що має небезпечні і шкідливі властивості.

Наявність аміаку відчувається за запахом при концентрації його у повітрі 0,35 мг/м³. Межа допустимої концентрації аміаку у повітрі - 20мг/м³.

У зв'язку з токсичністю і вибухонебезпечністю аміаку холодильні установки з цим холодоагентом належать до устаткування підвищеної безпеки.

Для запобігання аваріям у аміачних і хладонових холодильних установках використовуються арматура, запобіжні клапани, контрольно-вимірювальні прилади і засоби автоматичного захисту.

Компресори холодильних установок мають пружинний запобіжний клапан, що з'єднує порожнини нагнітання і всмоктування при перевищенні допустимої різниці тисків. Посудини, апарати і технологічне устаткування з безпосереднім охолодженням, що містять рідкий холодильний агент, а також деякі компресори оснащені пружинними клапанами, які скидають його пари у атмосферу. У аміачних холодильних установках запобіжні клапани повинні бути відрегульовані на початок відкриття: 1,2МПа - з боку всмоктування і 1,8МПа - з боку нагнітання. Замість пружинного запобіжного клапана компресор може мати чавунну запобіжну пластинку, що розривається при різниці тисків не більше 1,6 МПа. Випуск парового аміаку у атмосферу через

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		66

запобіжні клапани здійснюється по трубі, що виводиться на 1м вище гребеня даху найбільш високої будівлі у радіусі 50м, але не менше 6м від рівня території та не менше 3м від майданчиків обслуговування у радіусі 15м. Діаметр відповідної труби має бути не менше діаметра запобіжного клапана.

Випуск парового хладону у атмосферу здійснюється по трубі, гирло якої повинно бути віднесене не менше ніж на 2м від вікон, дверей і повітроприймальних отворів систем вентиляції і кондиціонування повітря та розташоване не менше ніж на 5м вище рівня землі.

Запобіжні клапани компресорів перевіряють не рідше одного разу на рік, запобіжні клапани на апаратах (посудинах) - не рідше одного разу на шість місяців. Циліндри компресорів аміачних холодильних установок мають кришку безпеки. На нагнітальному і всмоктувальному трубопроводах кожного компресора встановлені гільзи для термометрів, захист яких від механічних пошкоджень забезпечується за допомогою спеціальних кожухів.

Холодильні установки обладнані приладами автоматичного захисту, що зупиняють компресори при небезпечних режимах роботи.

Захист від підвищеного тиску нагнітання при пуску компресора з закритим запірним вентиляем, при недопустимо високому тиску конденсації забезпечується за допомогою реле високого тиску РВТ. Автоматичний контроль рівня холодоагенту у апаратах здійснюється за допомогою реле рівня РР. Для захисту від припинення подачі води у охолоджуючу рубашку компресора, а в установках з кожухотрубними випарниками - припинення руху розсолу використовується реле потоку РП. Захист від підвищеної температури нагнітання досягається відключенням компресора за допомогою реле температури РТ. Для контролю тиску в системі змащування застосовують реле контролю змащування РРТ (реле різниці тисків мастила). При недопустимо

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		67

низькому тиску змащування реле відключає компресор. Спрацювання приладів захисту дублюються звуковим сигналом у машинному (апаратному) відділенні. У аміачних холодильних установках перевірка справності захисних реле рівня здійснюється один раз на 10 днів, справності інших приладів захисної автоматики - один раз на місяць. У хладонових холодильних установках з періодичним обслуговуванням прилади автоматичного захисту перевіряють не рідше одного разу на три місяці, у інших - не рідше одного разу на місяць. У агрегованих хладонових установках передбачений тепловий захист обмотки статора електродвигуна, вбудованого у компресор.

При нецілодобовому обслуговуванні автоматизованих аміачних холодильних установок у приміщеннях машинних (апаратних) і конденсаторних відділень обов'язкова установка індикаторів витоку аміаку і сигналізаторів аварійної концентрації його у повітрі. Індикатори дають запобіжний сигнал у приміщення, у якому постійно чергує персонал, і вмикають вентиляцію при концентрації аміаку у повітрі більше 500мг/м³ (0,07%). Якщо вміст аміаку у повітрі досягає 1500мг/м³ (0,21%), сигналізатори аварійної концентрації вмикають електроживлення холодильної установки і одночасно вмикають витяжну і аварійну вентиляцію, світлозвукову сигналізацію і сирену, а також табло над входом у машинне (апаратне) відділення, попереджуючи про загазованість приміщення.

При цілодобовому обслуговуванні холодильної установки індикатори витоку і сигналізатори аварійної концентрації пари аміаку можна не встановлювати у приміщеннях.

Машинні (апаратні) і конденсаторні відділення аміачних холодильних установок є вибухонебезпечними зонами класу 2. Це зумовлює особливі вимоги до устаткування приміщень, вибору і розміщенню в них електроустановок. Над машинними, апаратними і конденсаторними відділеннями та холодильними

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		68

камерами аміачних установок, обладнаними приладами безпосереднього охолодження, а також у прямому сусідстві з ними можна розташовувати тільки приміщення, основним технологічним процесом у яких є обробка продуктів і сировини штучним холодом, де весь персонал проінструктований з техніки безпеки на холодильних установках. Над машинним і апаратним відділенням не дозволяється розташовувати приміщення з постійними робочими місцями, а також побутові і адміністративні приміщення. Не допускається влаштовувати під ними підвальні приміщення. Огорожуючі конструкції машинного (апаратного) і конденсаторного відділень мають легкоскидні елементи (вікна, двері та ін.) загальною площею не менше 0,05м² на 1м³ об'єму будівлі. При цьому віконні переплетення мають бути засклені звичайним склом.

Висота машинних відділень аміачних холодильних установок для холодильників, що будуються, повинна бути не менше 4,8м (для тих, що реконструюються, - 3,6м), висота апаратних - не менше 3,6м (для тих, що реконструюються, - не менше 3,0м) від підлоги до низу несучих конструкцій покриття. Висота підвіконня від підлоги приймається не більше 1,2м. У машинних і апаратних відділеннях ширина проходів при висоті їх не менше 1,9м приймається: основного - не менше 1,5м, між виступаючими частинами компресорів - не менше 1,0м, між гладкою стіною і компресором (або апаратом) - не менше 0,8м.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		69

16. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Аміачні холодильні установки широко використовуються в різних галузях промисловості і харчової промисловості для забезпечення ефективного охолодження. Однак, експлуатація цих установок пов'язана з певними ризиками для населення. Отже, розгляд заходів безпеки, спрямованих на захист населення під час експлуатації аміачних холодильних установок, є надзвичайно важливим аспектом.

Огляд заходів безпеки:

1. Система виявлення витоків аміаку:

- Використання сучасних систем виявлення витоків аміаку для оперативного виявлення можливих небезпек.
- Встановлення сенсорів і систем автоматичного сповіщення для швидкого реагування на витік аміаку та запобігання подальшому поширенню небезпеки.

2. Сигналізаційні системи:

- Розгляд системи сигналізації для швидкого та ефективного інформування населення про аварійні ситуації.
- Використання звукових, світлових та інших сигналів для привертання уваги та надання інструкцій щодо подальших дій.

3. Процедури евакуації:

- Розроблення та впровадження ефективних процедур евакуації, які передбачають шляхи втечі та безпечні зони у разі небезпеки.
- Навчання персоналу та населення про процедури евакуації та проведення регулярних тренувань для підвищення готовності.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		70

4. Надання першої медичної допомоги:

- Забезпечення наявності навченого медичного персоналу та необхідних засобів для надання першої медичної допомоги постраждалим у разі аварій.
- Встановлення медичних пунктів та організація медичної підтримки для оперативного реагування на надзвичайні ситуації.

5. Освіта та інформування населення:

- Проведення кампаній з освіти та інформування населення про ризики, пов'язані з аміачними холодильними установками та необхідні заходи безпеки.
- Поширення інформації про контактні особи, гарячу лінію та інші джерела допомоги в разі надзвичайних ситуацій.

Заходи безпеки, спрямовані на захист населення під час експлуатації аміачних холодильних установок, грають критичну роль у запобіганні небезпек та забезпеченні безпеки громадськості. Ефективна система виявлення витоків аміаку, сигналізаційні системи, процедури евакуації, надання першої медичної допомоги та належна освіта населення є важливими чинниками забезпечення безпеки. Розробка і впровадження таких заходів є ключовим завданням для зменшення ризику під час експлуатації аміачних холодильних установок.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.16	Лист
Змн.	Арк	№ документа	Підпис	Дата		71

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Журнали “Холодильна техніка”, ”Холод ” 2019-2021г
2. Мнацаканов Г. К. Основи проектування холодильників. Одеса: Інститут низькотемпературної техніки ОДАХ, 2004. 71 с
3. Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного проекту, з курсу “Холодильно-компресорні машини та установки” для студентів спеціальності 5.05060403 “Монтаж і обслуговування холодильно компресорних машин та установок ” денної та заочної форми навчання,- Одеса, Одеський технічний коледж, 2013 р., 25 с.
4. Методичні вказівки до оцінки науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій. Для студентів всіх спеціальностей СВО «бакалавр» і «магістр» денної і заочної форм навчання. Укладачі Басюркіна Н.Й., Свистун Т.В. Одеса: ОНАТУ, 2022 р. 18 с.
5. Холодильні установки: Підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар’яновський та ін.; За ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.
6. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : Підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський. - 3-тє вид. – К.: Каравела, 2006. – 392 с.
7. Автоматика і автоматизація технологічних процесів: Підручник / Д.Б. Головка, К.Г.Рего, Ю.О.Скрипник. - К.: Либідь, 1997 - 232 с.

8. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навч. посіб. / М.М. Масліков – К.: НУХТ, 2007. – 335 с.
9. Проміжні теплоносії та холодоносії: моногр./ Ю.О.Желіба, Д.А.Войтко - Одеса: Фенікс, 2012.–320 с.
10. Нормування втрат від усушки при холодильній обробці та зберіганні на підприємствах м'ясної промисловості. Довідник Ю.О.Желіба - Одеса: Астропринт, 1997.–214 с.
11. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0