

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на тему Проект холодильної установки на базі мультисистеми для супермаркету
у м. Одеса

Здобувача Козік Д.О.
(прізвище, ініціали)
4 курсу ЕН-141а групи
Керівник доц. Подмазко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)
Консультанти: доц. каф. ХУКП Жихарева Н.В.
доц. каф. ХУКП Когут В.О.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 28.05.2026 р., протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра	Холодильні установки і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«16» березня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Козіка Дмитра Олеговича

1. Тема роботи Проект холодильної установки на базі мультисистеми для супермаркету у м. Одесі

Затверджена наказом академії від 26.09.2025 р. наказ № 499-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2026 р.

3. Вихідні дані роботи: план супермаркету; мульти система (компресорна станція) на дві температури кипіння: $t_0 = -12$ та -35 °C; робоча речовина R-507

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; огляд холодильних систем, що використовуються в супермаркетах; розрахунки: теплоізоляції; місткості камер; підбір компресорів; конденсатора; повітряохолоджувача; підбір камерного обладнання; розрахунок трубопроводів; підбір допоміжного устаткування; автоматизація; економічна частина цивільний захист; охорона праці; ; перелік використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план супермаркету; компресорна станція (мультисистема); розрізи по супермаркету; розводка трубопроводів по камерах; розводка трубопроводів по торгівельному залу.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Когут В.О., доц. ХУКП	01.02.2026р.	15.05.2026 р.
Цивільний захист	Жихарєва Н.В., доц. ХУКП	01.02.2026р.	15.05.2026 р.
Економічна частина	Жихарєва Н.В., доц. ХУКП	01.02.2026р.	15.05.2026 р.

7.Дата видачі завдання 01.02.2026 р.

Керівник _____ Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання _____ Козік Дмитро Олегович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, огляд холодильного обладнання, план супермаркету	15.02.2026	виконав
2	Теплові розрахунки, розрізи по супермаркету	01.03.2026	виконав
3	Тепловий розрахунок і підбір компресорів, розводка трубопроводів по камерам	15.03.2026	виконав
4	Тепловий розрахунок і підбір камерного обладнання, розводка трубопроводів по камерам	01.04.2026	виконав
5	Розрахунок і підбір конденсатора, розрахунок трубопроводів	15.04.2026	виконав
6	Підбір допоміжного устаткування, автоматизація	01.05.2026	виконав
7	Цивільний захист. Охорона праці. Техніко-економічний розрахунок	15.05.2026	виконав

Здобувач-дипломник _____ Козік Дмитро Олегович

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 робот відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Козік Дмитро Олегович

РЕФЕРАТ

Бакалавр ЕН-141а групи Козік Дмитро Олегович

Керівник: доцент, кандидат технічних наук Подмазко О.С.

Охолоджувальні системи супермаркетів мають свою специфіку в порівнянні зі звичайними продуктовими магазинами, оскільки вони ведуть торгівля не тільки торговельними продуктами, а ще мають камери збереження продовольчих товарів. Температура збереження продовольчих товарів в торговельних залах виписана у відповідних стандартах: для молочної і гастрономічної продукції: $+2...+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, для м'ясних продуктів: $-1...+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, для фруктів і овочів: $+1...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для зберігання замороженої продукції в «холодильних меблях» (шафи, регали, банети, морозильні скрині використовують температуру -20°C . Тому потрібно передбачити дві температури кипіння: $t_0 = -10... -12\text{ }^{\circ}\text{C}$. (для охолодженої продукції) та $-30... -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для замороженої продукції).

У данній кваліфікаційній роботі проведено огляд холодильних систем, що використовуються в супермаркетах; виконані розрахунки: теплоізоляції; місткості камер; підбір компресорів; конденсатора; повітряохолоджувача; підбір камерного обладнання; розрахунок трубопроводів; підбір допоміжного устаткування; автоматизація; економічна частина цивільний захист; охорона праці. В якості робочої речовини був використаний R-507. Також представлений графічний матеріал: план супермаркету; компресорна станція (мультисистема); розрізи по супермаркету; розводка трубопроводів по камерам; розводка трубопроводів по торговельному залу.

Кількість ілюстрацій – 21, таблиць – 18, література –10, записка – 80 стр.

Ключові слова: СУПЕРМАРКЕТ, РОБОЧА РЕЧОВИНА, КОМПРЕСОРНА СТАНЦІЯ (МУЛЬТИСИСТЕМА), КОМПРЕСОР, КОНДЕНСАТОР, ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧ, ТЕМПЕРАТУРИ КИПІННЯ, КОНДЕНСАЦІЇ, ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Bachelor of EN-141a group Kozik Dmytro Olegovich

Supervisor: Associate Professor, Candidate of Technical Sciences Podmazko O.S.

Supermarket refrigeration systems have their own specifics compared to regular grocery stores, as they not only sell commercial products, but also have food storage chambers. The storage temperature of food products in retail stores is specified in the relevant standards: for dairy and gastronomic products: $+2...+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, for meat products: $-1...+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, for fruits and vegetables: $+1...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. For storing frozen products in “refrigerated furniture” (cabinets, racks, cabinets, chest freezers), a temperature of -20°C is used. Therefore, it is necessary to provide for two boiling temperatures: $t_0 = -10... -12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (for refrigerated products) and $-30... -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (for frozen products).

This qualification work reviews refrigeration systems used in supermarkets; calculations are made of: thermal insulation; chamber capacity; selection of compressors; condenser; air cooler; selection of chamber equipment; calculation of pipelines; selection of auxiliary equipment; automation; economic part; civil protection; labor protection. R-507 was used as the working substance. Graphic material is also presented: supermarket plan; compressor station (multisystem); sections of the supermarket; pipeline layout by chambers; pipeline layout by sales floor.

Number of illustrations – 21, tables – 18, literature – 10, note – 80 pages.

Keywords: SUPERMARKET, WORKING SUBSTANCE, COMPRESSOR STATION (MULTISYSTEM), COMPRESSOR, CONDENSER, AIR COOLER, BOILING TEMPERATURES, CONDENSATION, REFRIGERATION UNIT.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СУПЕРМАРКЕТАХ.....	11
2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	13
3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ.....	25
4. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КАМЕРНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	31
5. РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОНДЕНСАТОРА.....	42
6. РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ.....	48
7. ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ.....	49
8 АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	52
9. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	61
10. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
11. ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА.....	73
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

					Проект хол. установки на базе мультисистемы для супермаркета м.Одеса					
		№ докум.	Підпис		ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			Літ.	Маса	Мас
Розроб.		Козік Д.О.								
Перевір.		Подмазко О.С.								
Т. Контр.										
								Аркушів 80		
								ОНТУ гр. ЕН -141а		
Н. Контр.										

ВСТУП

Головні завдання торговельного холодильного устаткування – це збереження швидкопсувних товарів і демонстрація їх покупцям. Відповідно, перші вимоги до оснащення – це стабільна підтримка необхідної температури, дизайн, а також надійність і ергономічність. Температура збереження продовольчих товарів в торговельних залах виписана у відповідних стандартах: для молочної і гастрономічної продукції – $+2...+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, для м'ясних продуктів – $-1...+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, для фруктів і овочів – $+1...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Види торговельного холодильного оснащення.

До основних видів холодильного торговельного оснащення належать прилавки, вітрини, шафи, скрині і банети.

Холодильні прилавки використовують для короточасного збереження, демонстрації і продажу розфасованих і упакованих охолоджених і заморожених продуктів. Холодильні прилавки бувають закритого типу (глухі), призначені для збереження поточного запасу швидкопсувних продуктів на робочому місці продавця або розфасовувача в торговельному залі, і з прозорими дверцями для збереження, демонстрації і продажу розфасованих швидкопсувних товарів. Такі прилавки використовуються як на робочому місці продавця, так і безпосередньо в торговельному залі. Прилавки можуть складатися з декількох секцій, які з'єднуються торцевими сторонами на місці встановлення. Доступ до охолоджуваного об'єкту здійснюється через відкритий верхній проріз, який освітлюється полицею–світильником. Горизонтальна поверхня останньою може бути використана для укладання товарів.

Холодильні прилавки-вітрини є комплексним оснащенням, яке складається з прилавка, в якому зберігається запас продуктів, і вітрини, встановленої на прилавку, який служить для демонстрації і продажу продуктів. В міру необхідності продукти з прилавка переносять у вітрину.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відрізняється це оснащення тим, що всі охолоджувані ємності закриті дверцями або зашклені з боку покупця. Лицьова і бічна сторони вітрини закриті подвійними стеклами, а з боку продавця знаходяться розсувні скляні дверці і робочий стол. Підсвічування вітрини здійснюється люмінесцентними лампами. Прилавок, розташований внизу, має теплоізоляцію і щільно закривається теплоізованими дверцями з швидкодіючим замком. Холодильні вітрини-прилавки, а також холодильні вітрини є, напевно, єдиним виглядом оснащення, яке забезпечує одночасно і збереження, і демонстрацію товару.

Біля прилавка покупець проводить найбільше часу в магазині. У великих супермаркетах часто великі ряди прилавків стоять в найкраще освітленому місці. Робиться це спеціально для того, щоб людина з темнішого місця підсвідомо підійшла саме до прилавка. Відстоюючи чергу, покупцю потрібно чекати, стоячи біля прилавка. Тому прилавок – саме та частина оснащення, яка створює імідж магазину.

Вибирати прилавок слід, орієнтуючись на такі критерії, як:

- *Система охолодження:* вентильований прилавок або статичний (Статичне охолодження – не найкращий вибір. Всі сучасні прилавки мають вентильоване охолодження).
- *Глибина викладання* (Середня глибина викладання – 90 см. Якщо вона менша, то це дуже стара модель).
- *Спосіб піднімання скла:* наскільки зручно продавцеві контролювати викладання, аби усередині прилавка завжди було чисто і красиво. Скло в прилавку може відкриватися вгору і триматися на амортизаторах, які дозволять продавцеві комфортно виконувати багато операцій. Але скло може відкриватися і донизу. Скло, яке відкривається вгору, стоїть дорожче. Найбільш зручним для продавця виявиться прилавок, в якому не буде ні задніх стоек-склотримачів, ні розсувних шторок, які нині такі популярні на прилавках гастрономів.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодильні вітрини часто виконують роль прилавка. Тоді їх встановлюють в торгівельному залі магазину самообслуговування. Вони мають бути відкритими і забезпечувати покупцям доступ до товарів, стимулюючи самостійний вибір. Холодильні вітрини можуть розрізнятися за конструктивним виконанням: закриті, які встановлюються на робочому місці продавця; відкриті, що окремо стоять в торгівельному залі; відкриті, що вмонтовуються в лінії викладання, демонстрації і продажу товарів. Вітрини бувають одно- і багатоярусні; острівні, що мають доступ з усіх боків, і пристінні, що мають доступ з однієї сторони; вузькі (88–94 см) і широкі (близько 120 см, з великою експозиційною поверхнею); з одним або двома відділеннями; прозорі або закриті. Можуть мати природну циркуляцію охолодженого повітря або примусову. Моделі вітрин випускаються, як правило, секціями різної довжини, яка надає можливість скласти з модулів оптимальну лінію. Інколи види вітрин комбінують, як, наприклад, в пристінні гірки, де банета сполучена з морозильною шафою.

Холодильні шафи призначені для збереження, демонстрації і продажу швидкопсувних товарів. Як і всі інші види оснащення, вони мають три режими збереження: плюсовий, середньотемпературний (від 0 до 8 °С) і низькотемпературний (від –12 до –25 °С). Залежно від цього, вони можуть призначатися для збереження напоїв, охолоджених і заморожених продуктів. Шафи бувають з природною циркуляцією охолодженого повітря і примусовою, при якій розкид температур знижується до 1–2 °С. По вигляду двері шафи бувають з глухими (непрозорими) металевими дверима (застосовуються частіше поза зоною видимості покупців); із скляними (прозорими) дверима; шафи-вітрини, які дозволяють здійснювати не лише збереження, але і демонстрацію товарів. Двері встановлюють двостулкові або розсувні. Кількість камер в шафах може бути як одна, так і дві, і більше.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Морозильні скрині призначені для збереження і продажу замороженого товару. Не рекомендується використовувати їх для охолодження продуктів і напоїв, оскільки це призводить до перегрівання обмоток електродвигуна компресора і виходу його зі строю.

Банети представляють собою охолоджувану усередині ванну, в якій викладені для демонстрації, продажу і збереження продукти харчування. З банетою покупець має менше всього візуального контакту, оскільки його увага цілком зосереджена на продукті. Зі всього холодильного оснащення банети є найбільш високотехнологічним оснащенням. Обумовлене це наявністю незамкнутого охолоджуваного об'єму при великих його габаритах, що є причиною важкості підтримання стабільної мінусової температури через безпосередній вплив довкілля з вищою температурою. Система охолодження на основі примусової вентиляції і необхідність роботи високопродуктивного холодильного агрегату роблять банети одними з найбільш енергоємних видів оснащення в магазині. Банети бувають одно-, двохоб'ємні, з надбудовами або без.

Будь-який з перерахованих видів оснащення може використовуватися як сегмент самообслуговування. Тоді важливим критерієм для них стає доступність для покупців: покупець повинен докладати мінімум зусиль, якщо бере з них товар. На українському ринку торгівельного і холодильного оснащення можна зустріти багато відомих марок: FROST-TROL (Іспанія); LINDE (Німеччина); BONNET NEVE (Франція); COSTAN (Італія); PASTORFRIGOR (Італія); PASTORKALT (Словаччина; дочірнє підприємство італійської фірми Pastorfrigor); DIKTAS (Туреччина); ARNEG (Італія); COLD (Польща); ELECTROLUX (Швеція); DETROYT (Італія); KOXKA (Іспанія); FRAMEC (Італія).

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ, ЩО ВИЕОРИСТОВУЮТЬСЯ В СУПЕРМАРКЕТАХ

Системи холодильного оснащення в супермаркетах.

Немало робіт, присвячених дослідженням і розробці нових виробів, направлених на удосконалення концепції холодильного устаткування для супермаркетів, було припинено, враховуючи їх недостатню економічність і екологічність. З одного боку, витрати, пов'язані з вжитком електроенергії при експлуатації холодильної установки, встановленої в супермаркеті, як правило, дорівнюють розміру отриманого прибутку. З іншого боку, суспільство пред'являє вимоги враховувати необхідність вирішення екологічних проблем під час розробки і експлуатації продуктових систем. Конструкція холодильних систем з точки зору економічності і екологічності має вирішальне значення. Різні товари, які пропонуються в супермаркетах, вимагають різних температурних режимів зберігання. Нижче приведений перелік демонструє широту діапазону температурних режимів, які необхідно підтримувати в типовому супермаркеті:

- Товари глибокого заморожування: від -29 до $18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Морозиво: від -26 до $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Риба і морепродукти: від -5 до $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- М'ясо і птиця: від -1 до $3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Свіжі продукти: від -3 до $8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Фрукти і овочі: від 7 до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Типова холодильна установка в супермаркеті підтримує температурний режим в низькому і середньому діапазонах при температурі кипіння від -35 до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У даному проекті використовуються наступні температурні режими:

У камерах зберігання:

- Овочі $4\text{ }^{\circ}\text{C}$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Гастрономія 2 °С
- Молоко 2 °С і –20 °С
- Риба 2 °С і –20 °С
- М'ясо 2 °С і –20 °С
- Кури 2 °С

Дані температурні режими сповна відповідають перерахованим вище режимам, які використовуються за кордоном і у вітчизняних супермаркетах.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Розрахункові дані:

Розрахункова літня температура – 32 °С, зимова – –15 °С.

Відносна вологість повітря літня – 45 %, зимова – 76%.

У данній роботі об'єктом завдання є готова будівля, пропонована під супермаркет замовником у м. ОДЕСІ. Висота торгівельного залу – 3,5 м, висота камер – 2,7 м, вантажна висота – 2,2 м.

У проекті використовуються збірні камери, що складаються з «сандвич» – панелей. Під камерами передбачена цегельна кладка заввишки в дві цеглини з каналами для проходження повітря, холодильні камери мають вентильовані підвали.

2.1 Розрахунок площ камер зберігання.

Площі камер схову визначаються по формулі:

$$F_{\text{схов}} = \frac{V_k}{q_v \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta} \quad (2.1)$$

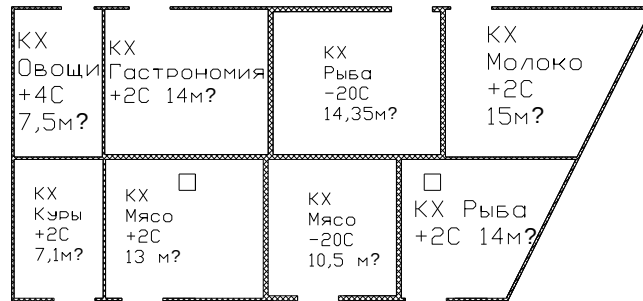
де q_v – норма завантаження на 1 м³ вантажного простору камери;

$h_{\text{ван}}$ – вантажна висота, м;

β – коефіцієнт використання площі камери.

Об'єкт завдання має планування по камерах, вказане на малюнку 2.1

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 2.1 Планування по камерах

Таблиця 2.1 Розрахунок місткості камер

Назва камери	$q_v, \text{т/м}^3$	$h_{\text{ван}}, \text{м}$	β	$F_{\text{буд}}, \text{м}^2$	$V_{\text{к,т}}$
Овочі +4 °С	0,5	2,2	0,5	7,5	4
Овочі +4 °С	0,5	2,2	0,5	8,5	4,7
Гастрономія +2 °С	0,5	2,2	0,5	14	7,7
Риба -20 °С	0,45	2,2	0,5	14,35	7
Молоко +2 °С	0,4	2,2	0,5	15	6,5
Риба +2 °С	0,45	2,2	0,5	14	7
М'ясо -20 °С	0,45	2,2	0,5	10,5	5
М'ясо +2 °С	0,45	2,2	0,5	13	6,4
Кури +2 °С	0,38	2,2	0,5	7,1	2,9

2.2 Розрахунок тепло приливів і визначення режимів роботи системи.

Товщина теплоізоляції визначається по формулі:

$$\delta_{iz}^{nomp} = \lambda_{iz} \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) \right] \quad (2.2)$$

де λ_{iz} і λ_i – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару і будівельних матеріалів, які складають конструкцію огорожування, Вт/(м·К);

k – оптимальний коефіцієнт теплопередачі огорожування, прийнятий залежно від характеру огорожування і температур зі сторін огорожування, Вт/(м²·К);

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі з наружньої сторони стіни або теплової сторони, Вт/(м²·К);

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони стіни або з більш холодної сторони, Вт/(м²·К).

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі знаходиться по формулі:

$$\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{із.д}}{\lambda_{із}} \quad (2.3)$$

де $\delta_{із.д}$ – прийнята товщина ізоляційного шару, м.

Даний проект передбачає, що захисні конструкції камер будуть виконані із збірних щитових панелей типа «сандвіч» для температури в камері –20 °С товщина ізоляції 120 мм, а для температури 2 °С товщина складає 60мм. Розрахунок заноситься в таблицю.

Таблиця 2.2 Розрахунок коефіцієнта теплопередачі

Огород- жування	t _в , °С	α_3 , Вт/ (м ² ·К)	$\alpha_{вн}$, Вт/ (м ² ·К)	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² ·К/Вт	Товщина теплоізоляційного шару, мм	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)
Стіна	+2	11,6	9,28	1,714	60	0,52
Стіна	–20	11,6	10,44	3,43	120	0,28

Розрахунок тепло приливів.

Тепловий розрахунок тепло приливів через огорожування:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c} \quad (2.4)$$

де $Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_3 - t_{вн}) \cdot 10^{-3} \quad \kappa Bm$

k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

F – площа поверхні теплопередачі, м;

t₃, t_{вн} – температура з наружньої сторони стіни і температура камери відповідно, °С

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3} \quad \kappa Bm \quad (2.5)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Δt_c – надлишкова температура, яка характеризує сонячну радіацію, °С.

Усі розрахунки зводимо у таблицю.

Таблиця 2.3 Розрахунок Q_1 для камери овочей с площею 7,5 м²

Огороджування	k_d	F	t_z	θ	Q_r	t_c	Q_c	$Q_{заг}$
Північ	0,52	5,40	25,00	21,00	0,06	—	0,00	0,06
Південь	0,52	5,40	2,00	2,00	0,01	—	0,00	0,01
Схід	0,52	9,72	2,00	2,00	0,01	—	0,00	0,01
Захід	0,52	9,72	25,00	21,00	0,11	—	0,00	0,11
Покрівля	0,52	7,50	25,00	21,00	0,08	—	0,00	0,08
Підлога	0,52	7,50	25,00	21,00	0,08	—	0,00	0,08
$Q_{заг}$								0,34

Таблиця 2.4 Розрахунок Q_1 для камери овочем с площею 8,5 м²

Огороджування	k_d	F	T_z	θ	Q_r	t_c	Q_c	$Q_{заг}$
Північ	0,52	5,13	25,00	21,00	0,06	—	0,00	0,06
Південь	0,52	5,13	25,00	21,00	0,06	—	0,00	0,06
Схід	0,52	11,61	25,00	21,00	0,13	—	0,00	0,13
Захід	0,52	11,61	25,00	21,00	0,13	—	0,00	0,13
Покрівля	0,52	8,50	25,00	21,00	0,09	—	0,00	0,09
Підлога	0,52	8,50	25,00	21,00	0,09	—	0,00	0,09
$Q_{заг}$								0,55

Таблиця 2.5 Розрахунок Q_1 для камери гастрономії з площею 14 м²

Огороджування	k_d	F	T_z	θ	Q_r	t_c	Q_c	$Q_{заг}$
Північ	0,52	10,80	25,00	23,00	0,13	—	0,00	0,13
Південь	0,28	10,80	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Схід	0,28	9,72	17,50	15,50	0,00	—	0,00	0,00
Захід	0,52	9,72	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Покрівля	0,52	14,00	25,00	23,00	0,17	—	0,00	0,17

Підлога	0,52	14,00	25,00	23,00	0,17	—	0,00	0,17
							Q _{заг}	0,46

Таблиця 2.6 Розрахунок Q₁ для камери молока з площею 15 м²

Огороджування	k _д	F	t _з	θ	Q _т	t _с	Q _с	Q _{заг}
Північ	0,52	13,50	25,00	23,00	0,16	—	0,00	0,16
Південь	0,52	8,10	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Схід	0,52	10,80	25,00	23,00	0,13	—	0,00	0,13
Захід	0,28	9,72	17,50	15,50	0,04	—	0,00	0,04
Покрівля	0,52	15,00	25,00	23,00	0,18	—	0,00	0,18
Підлога	0,52	15,00	25,00	23,00	0,18	—	0,00	0,18
							Q _{заг}	0,69

Таблиця 2.7 Розрахунок Q₁ для камери риби з площею 14 м²

Огороджування	k _д	F	t _з	θ	Q _т	t _с	Q _с	Q _{заг}
Північ	0,52	11,34	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Південь	0,52	6,75	25,00	23,00	0,08	—	0,00	0,08
Схід	0,52	10,26	25,00	23,00	0,12	—	0,00	0,12
Захід	0,28	9,18	17,50	15,50	0,04	—	0,00	0,04
Покрівля	0,52	13,00	25,00	23,00	0,16	—	0,00	0,16
Підлога	0,52	13,00	25,00	23,00	0,16	—	0,00	0,16
							Q _{заг}	0,55

Таблиця 2.8 Розрахунок Q₁ для камери риби з площею 14,35 м²

Огороджування	k _д	F	t _з	θ	Q _т	t _с	Q _с	Q _{заг}
Північ	0,28	11,07	25,00	45,00	0,14	—	0,00	0,14
Південь	0,28	11,07	2,00	22,00	0,07	—	0,00	0,07
Схід	0,28	9,72	2,00	22,00	0,06	—	0,00	0,06
Захід	0,28	9,72	2,00	22,00	0,06	—	0,00	0,06
Покрівля	0,28	14,35	25,00	45,00	0,18	—	0,00	0,18

Підлога	0,28	14,35	25,00	45,00	0,18	—	0,00	0,18
							Q _{заг}	0,69

Таблиця 2.9 Розрахунок Q₁ для камери м'яса з площею 10,5 м²

Огороджування	k _д	F	t _з	θ	Q _т	t _с	Q _с	Q _{заг}
Північ	0,28	8,37	25,00	22,00	0,05	—	0,00	0,05
Південь	0,28	8,37	25,00	45,00	0,11	—	0,00	0,11
Схід	0,28	9,18	17,50	37,50	0,10	—	0,00	0,10
Захід	0,28	9,18	2,00	22,00	0,06	—	0,00	0,06
Покрівля	0,28	10,50	25,00	45,00	0,13	—	0,00	0,13
Підлога	0,28	10,50	25,00	45,00	0,13	—	0,00	0,13
							Q _{заг}	0,57

Таблиця 2.10 Розрахунок Q₁ для камери м'яса з площею 13 м²

Огороджування	k _д	F	t _з	θ	Q _т	t _с	Q _с	Q _{заг}
Північ	0,28	10,42	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Південь	0,52	10,42	25,00	23,00	0,12	—	0,00	0,12
Схід	0,28	9,18	17,50	15,50	0,04	—	0,00	0,04
Захід	0,52	9,18	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Покрівля	0,52	13,00	25,00	23,00	0,16	—	0,00	0,16
Підлога	0,52	13,00	25,00	23,00	0,16	—	0,00	0,16
							Q _{заг}	0,48

Таблиця 2.11 Розрахунок Q₁ для камери курей з площею 7,1 м²

Огороджування	k _д	F	t _з	θ	Q _т	t _с	Q _с	Q _{заг}
Північ	0,52	5,40	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Південь	0,52	5,40	25,00	23,00	0,06	—	0,00	0,06
Схід	0,52	9,18	2,00	0,00	0,00	—	0,00	0,00
Захід	0,52	9,18	25,00	23,00	0,11	—	0,00	0,11
Покрівля	0,52	7,10	25,00	23,00	0,08	—	0,00	0,08

Підлога	0,52	7,10	25,00	23,00	0,08	–	0,00	0,08
							Q _{заг}	0,34

Теплоприливи при холодильній обробці розраховуємо по формулі:

$$Q_2 = Q_{2пр} + Q_{2тар} \quad (2.6)$$

Теплоприливи від продукту:

$$Q_{2пр} = G_{пр} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{\tau \cdot 3600} \quad (2.7)$$

де $G_{пр}$ – добове надходження продуктів, т/добу;

Δi – різниця питомих ентальпій продукту, що відповідає початковій та кінцевій температурам продукту, кДж/кг;

$\tau = 12$ – час термічної обробки, година.

Теплоприливи від тари:

$$Q_{2тар} = G_{тар} \cdot C_{тар} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.8)$$

де $G_{тар}$ – добове надходження тари, т/добу;

$C_{тар}$ – питома теплоємність тари, кДж/(кг·К);

t_1, t_2 – температура тари до і після обробки, °С.

Усі розрахунки зводимо у таблицю.

Таблиця 2.12 Розрахунок тепло приливів при термообробці

Камери	В _к	пр	M _{пр}	%Т	M _т	t ₁	t ₂	Δi	τ	C _т	Q _{пр}	Q _т	Q ₂
Овочі +4 7,5м ²	4,0	100	4,0	20	0,80	20	4	60	10	2,3	8,67	0,36	9,02
Овочі +4 8,5м ²	4,7	100	4,7	20	0,94	20	4	60	10	2,3	10,18	0,42	10,60
Гастрономія +2 14м ²	7,7	100	7,7	20	1,54	5	2	12	10	2,3	3,34	0,13	3,47
Молоко +2 15м ²	6,5	100	6,5	20	1,30	8	2	24	10	2,3	5,63	0,22	5,85
Риба +2 14м ²	7,0	100	7,0	20	1,40	6	2	13	10	2,3	3,29	0,16	3,44
Риба –20 14,35м ²	7,0	100	7,0	20	1,40	-5	-20	64	10	2,3	16,18	0,58	16,76
М'ясо –20 8м ²	5,0	100	5,0	20	1,00	-5	-20	54,4	10	–	9,82	0,42	10,24
М'ясо +2 7,4м ²	6,4	100	6,4	20	1,28	6	2	12	10	–	2,77	0,14	2,92

Кури +2	7,1м ²	2,9	100	2,9	20	0,58	6	2	9	10	2,3	0,94	0,06	1,01
---------	-------------------	-----	-----	-----	----	------	---	---	---	----	-----	------	------	------

Експлуатаційні тепло приливи:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (2.9)$$

Теплоприливи від освітлення:

$$Q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (2.10)$$

де A – кількість тепла, яке виділяється в одиницю часу на 1 м² площі підлоги, Вт/м².

F – площа підлоги, м².

Теплоприливи від знаходження людей:

$$Q_1 = 0,35 \cdot n \quad (2.11)$$

де 0,35 – тепло приливи від однієї людини при важкій фізичній роботі, кВт;

n – кількість людей, працюючих у одному приміщенні.

Теплоприливи від працюючих двигунів:

$$q_3 = N_e \quad (2.12)$$

де N_e – потужність електродвигунів, кВт.

Теплоприливи від відкривання дверей:

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (2.13)$$

де K – питомі тепло приливи від відкривання дверей, Вт/м².

Усі розрахунки заносимо у таблицю.

Таблиця 2.13 Розрахунок експлуатаційних тепло приливів

Камери	F _к	A	q ₁	n	q ₂	q ₃	K	q ₄	Q ₄
Овочі +4 7,5м ²	7,50	2,30	0,02	1,00	0,35	3,00	5,00	0,04	3,40
Овочі +4 8,5м ²	8,50	2,30	0,02	1,00	0,35	3,00	5,00	0,04	3,41
								Сума	6,82
Гастрономія +2 14м ²	14,00	2,30	0,03	1,00	0,35	3,00	15,00	0,21	3,59

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						20

Молоко +2	15м ²	15,00	2,30	0,03	1,00	0,35	3,00	15,00	0,23	3,61
Риба +2	14м ²	14,00	2,30	0,03	1,00	0,35	3,00	15,00	0,21	3,59
М'ясо +2	13м ²	13,00	2,30	0,03	1,00	0,35	3,00	15,00	0,20	3,57
Кури +2	7,1м ²	7,10	2,30	0,02	1,00	0,35	3,00	15,00	0,11	3,47
									Сума	17,84
Риба -20	14,35 м ²	14,35	2,30	0,03	1,00	0,35	3,00	11,00	0,16	3,54
М'ясо -20	10,5 м ²	10,50	2,30	0,02	1,00	0,35	3,00	11,00	0,12	3,49
									Сума	7,03

Теплоприливи від дихання овочів:

$$Q_5 = V_K \cdot (0,1 \cdot q_n + q_{зб}) \cdot 10^{-3} \quad (2.14)$$

де V_K – місткість камери, т;

$q_n, q_{зб}$ – тепловиділення плодів при температурі надходження і зберігання відповідно, Вт/т.

Розрахунки заносимо у таблицю.

Таблиця 2.14 Теплоприливи від дихання овочів

Камери	V_K	q_n	$Q_{зб}$	Q_5
Овочі +4 7,5м ²	4,00	213,00	32,00	0,20
Овочі +4 8,5м ²	4,70	213,00	32,00	0,24
			Сума	0,44

Теплоприливи від вентиляції:

$$Q_3 = M_{вз} \cdot (i_3 - i_{вн}) \quad (2.15)$$

де $i_3, i_{вн}$ – ентальпії зовнішнього і внутрішнього повітря відповідно, кДж/кг.

Масова витрата вентилязованого повітря:

$$M_{вп} = \frac{V_K \cdot a \cdot \rho_B}{24 \cdot 3600} \quad (2.16)$$

де V_K – об'єм вентилязованого простору, м³;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{-35} = \frac{1,07 \cdot 73,78}{0,8} = 98,68 \text{ кВт}$$

3.8. Вибір температурного режиму холодильної установки

Температура кипіння:

$$t_0 = t_{\text{кам}} - (14 \div 16) \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.18)$$

$$t_0 = 2 - 14 = -12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_0 = -20 - 15 = -35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура конденсації:

$$t_K = t_3 + (10 \div 12) \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.19)$$

$$t_K = 32 + 10 = 42 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура всмоктування:

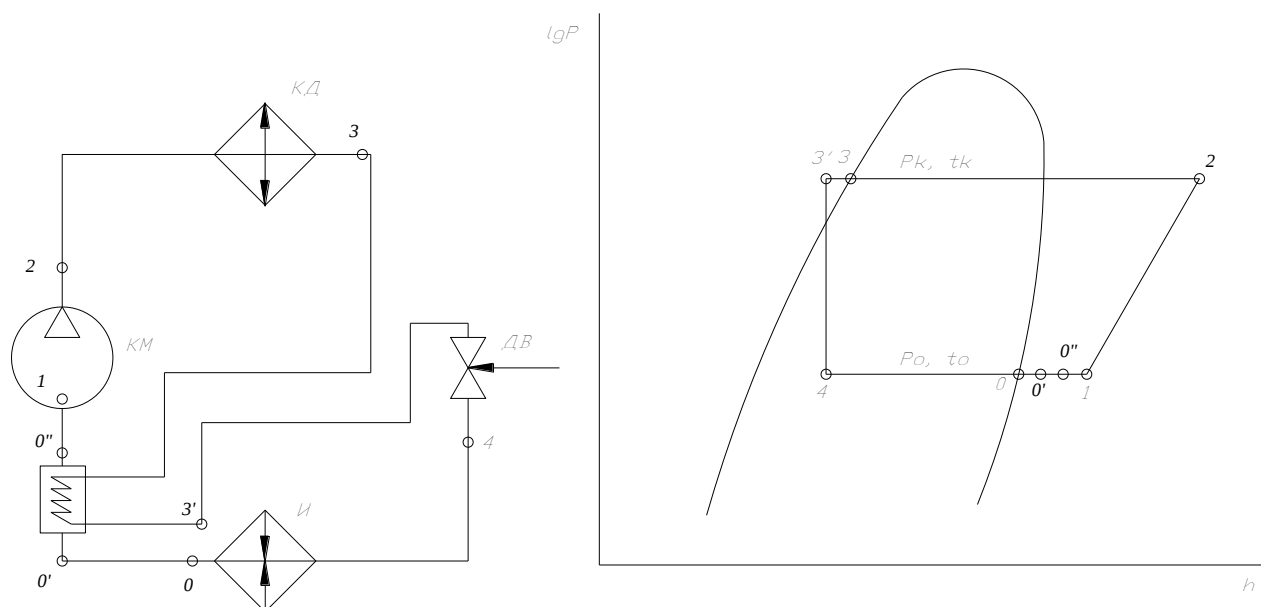
$$t_{\text{вс}} = t_0 + (15 \div 20) \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.20)$$

$$t_{\text{вс}} = -12 + 20 = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{вс}} = -35 + 20 = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ



Малюнок 3.1 Схема і цикл холодильної машини

По діаграмі стану $\lg P-h$ для R-507 знаходимо усі параметри у вузлових точках. Усі дані заносимо до таблиці.

Таблиця 3.1 Параметри вузлових точок для $t_0 = -35^\circ\text{C}$

Параметри	t,	P,	v,	h,
№ точки	$^\circ\text{C}$	МПа	м ³ /кг	кДж/кг
0	-35	0,168	—	347
0'	-33	0,168	—	349
0''	-25	0,168	—	356
1	-10	0,168	0,12	369
2	77	1,95	—	427
3	42	1,95	—	264
3'	38	1,95	—	257
4	-35	0,168	—	257

Таблиця 3.2 Параметри вузлових точок для $t_0 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$

Параметри	t,	P,	v,	h,
№ точки	$^{\circ}\text{C}$	МПа	м ³ /кг	кДж/кг

0	-12	0,4	–	360
0'	-10	0,4	–	362
0''	-2	0,4	–	369
1	13	0,4	0,056	383
2	72	1,95	–	419
3	42	1,95	–	264
3'	38	1,95	–	257
4	-12	0,4	–	257

Розрахунок компресора на $t_0 = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Питома масова холодовидатність:

$$q_0 = i_0 - i_4 \quad (3.1)$$

$$q_0 = 347 - 257 = 90 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата холодильного агенту:

$$M_1 = Q_0 / q_0 \quad (3.2)$$

$$M_1 = 116,4 / 90 = 1,3 \text{ кг/с}$$

де Q_0 – навантаження на компресор, кВт.

Дійсна об'ємна витрата:

$$V_d = M_1 \cdot v_1 \quad (3.3)$$

$$V_d = 1,3 \cdot 0,12 = 0,156 \text{ м}^3/\text{с}$$

де v_1 – питомий об'єм пару, м³/кг.

Теоретична об'ємна подача:

$$V_T = V_d / \lambda \quad (3.4)$$

$$V_T = 0,156 / 0,68 = 0,23 \text{ м}^3/\text{с} = 828 \text{ м}^3/\text{Г}$$

де λ – коефіцієнт подачі, при $P_k / P_0 = 1,95 / 0,168 = 11,6$

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w \quad (3.5)$$

$$\lambda = 0,894 \cdot 0,76 = 0,68$$

де λ_c – коефіцієнт, враховуючий мертвий простір;

λ_w – коефіцієнт, враховуючий об'ємні витрати.

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left[\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{1/m} - 1 \right] \quad (3.6)$$

$$\lambda_c = 1 - 0,01 \cdot \left[\left(\frac{1,95}{0,168} \right)^{1/1} - 1 \right] = 0,894$$

де c – відносна величина мертвого простору, приймається у межах 0,01...0,04;

P_k, P_0 – тиск конденсації і кипіння відповідно, мПа;

m – показник політропи (для фреона $m=1$).

$$\lambda_w = T_0 / T_k \quad (3.7)$$

$$\lambda_w = 238 / 315 = 0,76$$

Згідно каталогу фірми DWM COPELAND вибираю беззащільниковий компресор з параметрами при $t_k = -40^\circ\text{C}$ і $t_0 = -35^\circ\text{C}$: $Q_0 = 32,61$ кВт і $N_e = 22,31$ кВт марки D8DT-450X 5 шт. з $V_h = 181$ м³/г.

$$M_{KM} = \frac{\lambda \cdot V_T}{v_1} \quad (3.8)$$

$$M_{KM} = \frac{0,68 \cdot 0,25}{0,12} = 1,42 \quad \text{кг/с}$$

Дійсна холодовидатність компресору:

$$Q_{0D} = M_{KM} \cdot q_0 \quad (3.9)$$

$$Q_{0D} = 1,42 \cdot 90 = 127,8 \quad \text{кВт}$$

Потужність приводу компресора:

$$N_T = M_{KM} \cdot (i_2 - i_1) \quad (3.10)$$

$$N_T = 1,42 \cdot 58 = 82,36 \quad \text{кВт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна потужність компресора:

$$N_i = N_T / \eta_i \quad (3.11)$$

$$N_i = 82,36 / 0,8 = 103 \text{ кВт}$$

де η_i – індикаторний К.К.Д.

Ефективна потужність на валу компресора:

$$N_E = N_i / \eta_M \quad (3.12)$$

$$N_e = 103 / 0,85 = 121,2 \text{ кВт}$$

де η_M – механічний К.К.Д., враховуючий втрати на тертя.

Електрична потужність двигуна:

$$N_e = N_E / \eta_{ДВ} \quad (3.13)$$

$$N_e = 121,2 / 0,85 = 142,6 \text{ кВт}$$

де $\eta_{ДВ}$ – електричний К.К.Д. двигуна.

Навантаження на конденсатор:

$$Q_k = Q_0 + N_i \quad (3.14)$$

$$Q_k = 127,8 + 103 = 231 \text{ кВт}$$

Розрахунок компресора на $t_o = -12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Питома масова холодовидатність:

$$q_0 = 360 - 257 = 103 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата холодильного агенту:

$$M_1 = 195 / 103 = 1,9 \text{ кг/с}$$

Дійсна об'ємна витрата:

$$V_d = 1,9 \cdot 0,056 = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$$

Теоретична об'ємна подача:

$$V_T = 0,11 / 0,797 = 0,14 \text{ м}^3/\text{с} = 504 \text{ м}^3/\text{г}$$

λ при $P_k / P_0 = 1,95 / 0,4 = 4,875$

$$\lambda = 0,9613 \cdot 0,829 = 0,797$$

$$\lambda_c = 1 - 0,01 \cdot \left[\left(\frac{1,95}{0,4} \right)^{4/3} - 1 \right] = 0,9613$$

$$\lambda_w = 261 / 315 = 0,829$$

Згідно каталогу фірми DWM COPELAND вибираю беззащільниковий компресор з параметрами при $t_k = 40^\circ\text{C}$ і $t_0 = -15^\circ\text{C}$: $Q_0 = 77,35$ кВт и $N_e = 34,4$ кВт марки D8SJ-600X 3 шт. с $V_h = 181$ м³/г.

$$M_{KM} = \frac{0,797 \cdot 0,151}{0,056} = 2,15 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодовидатність компресору:

$$Q_{0D} = 2,15 \cdot 103 = 221,5 \text{ кВт}$$

Потужність приводу компресора:

$$N_T = 2,15 \cdot 36 = 77,4 \text{ кВт}$$

Дійсна потужність компресора:

$$N_i = 77,4 / 0,8 = 96,75 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність на валу компресора:

$$N_E = 96,75 / 0,85 = 114 \text{ кВт}$$

Електрична потужність двигуна:

$$N_e = 114 / 0,85 = 134 \text{ кВт}$$

Навантаження на конденсатор:

$$Q_k = 221,5 + 96,75 = 318,3 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.3 Технічна характеристика компресорів

Показники	D8DT-450X	D8SJ-600X
Холодовидатність, кВт		
• при $t_0 = -35^\circ\text{C}$, $t_k = 42^\circ\text{C}$	32,61	
• при $t_0 = -12^\circ\text{C}$, $t_k = 42^\circ\text{C}$		77,35
• при $t_0 = -2^\circ\text{C}$, $t_k = 42^\circ\text{C}$		
Кількість заправленого мастила	7,7	7,7
Теоретична подача компресора V_{KM} , м ³ /год.	181	181
Габаритні розміри, мм		
• довжина	835	385

• ширина	475	625
• висота	850	670
Маса, кг	356	367
Умовний діаметр трубопроводів, мм		
• на вході ХА	3 1/8"	3 1/8"
• на виході ХА	1 5/8"	1 5/8"

4 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КАМЕРНОГО ОБЛАДНАННЯ

Вихідні дані до розрахунку:

- теплове навантаження $Q_0 = 26020 \text{ Вт};$
- температура повітря у камері $t_K = -20^\circ\text{C};$
- відносна вологість повітря у камері $\varphi_K = 90\%;$
- холодильний агент $\text{R-404A}.$

Геометричні розміри ребристої труби повітроохолоджувача, виготовленої шляхом лиття під тиском.

труба:

- зовнішній діаметр $d_{\text{ТР}} = 0,015 \text{ м};$
- внутрішній діаметр $d_{\text{ВН}} = 0,013 \text{ м};$
- товщина стінки $\delta_{\text{Т}} = 0,001 \text{ м};$
- матеріал $\lambda_{\text{Т}} = 380 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$

ребро:

- товщина у вершини $\delta_{\text{ВЕР}} = 0,0004 \text{ м};$
- товщина біля основи $\delta_{\text{ОР}} = 0,002 \text{ м};$
- крок $u = 0,010 \text{ м};$
- матеріал $\lambda_{\text{Р}} = 180 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$
- компонування пучка труб – коридорний
- крок труб $S_{\text{П}} \times S_{\text{ПЗ}} = 50 \times 50 \text{ мм}$

В основу розрахунку закладені наступні передумови:

- параметри повітря на вході у повітроохолоджувач дорівнюють параметрам повітря в охолоджуємому приміщенні t_K і φ_K ;
- температура кипіння холодильного агента t_0 і температура поверхні $t_{\text{П}}$ теплообмінної секції повітроохолоджувача постійні;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кількість труб у поздовжньому ($z_{\text{ПЗ}}$) і поперечному ($z_{\text{П}}$) перетині теплообмінної секції повітроохолоджувача знаходиться у межах рекомендованих значень $z = 4 \dots 16$ шт.

Тепловий розрахунок. Кінцевою метою розрахунку є визначення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру у камері.

Задаємося величиною під охолодження повітря у повітроохолоджувачі $\Delta t_{\text{П}} = 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначимо температуру повітря на виході з апарату:

$$t_2 = t_{\text{ВИХ.П}} = t_{\text{К}} - \Delta t_{\text{В}} = -20 - 6 = -26 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.1)$$

Визначимо середню температуру повітря:

$$t_{\text{СЕР.П}} = 0,5 \cdot (t_2 + t_{\text{К}}) = 0,5 \cdot (-25 - 20) = -23 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.2)$$

Приймаємо температуру кипіння $t_0 = -35 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначимо температурний напір:

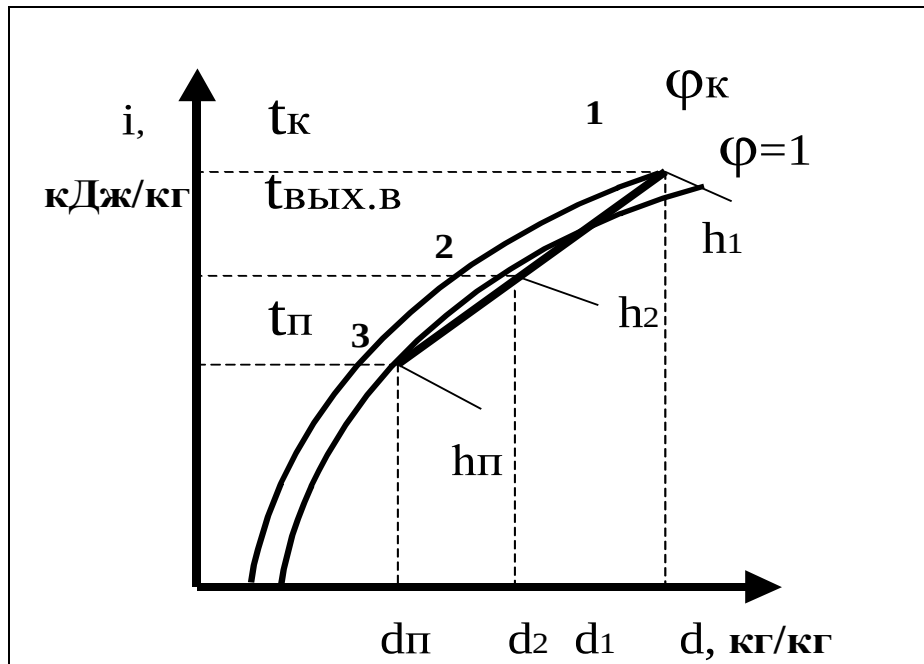
$$\Theta = (t_{\text{СЕР.П}} - t_0) = -23 + 35 = 12 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (4.3)$$

Вибираємо з таблиць [1] теплофізичні властивості вологого повітря при визначальній температурі $t_{\text{СЕР.П}}$:

- $\nu_{\text{П}} = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості;
- $\lambda_{\text{П}} = 2,256 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності;
- $\text{Pr}_{\text{П}} = 0,7181$ – число Прандтля;
- $\rho_{\text{П}} = 1,41 \text{ кг}/\text{м}^3$ – щільність;
- $c_{\text{П}} = 1,009 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ – питома теплоємність.

У діаграмі і – d будуємо процес зміни стану повітря у повітроохолоджувачі у наступній послідовності $1 \rightarrow \text{П} \rightarrow 2$ (див. мал. 4.1).

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 4.1 Процес зміни стану повітря у повітроохолоджувачі

1 – стан повітря на вході у повітроохолоджувач при t_k і ϕ_k ;

3 – стан насиченого повітря у прикордонному шарі у поверхні інею повітроохолоджувача при $t_{\text{п}}$ і $\phi = 1,0$;

2 – стан повітря на виході з повітроохолоджувача.

$$t_2 = t_{\text{вих.п}} = t_k - \Delta t_{\text{п}}$$

Для цього задаємося середньою температурой поверхні повітроохолоджувача (інею) $t_{\text{п}}$ з умови, що $t_0 < t_{\text{п}} < t_k$, використовую приблизне співвідношення $t_{\text{п}} = t_k - (0,7 \dots 0,9) \cdot \theta$.

Приймаємо у першому наближенні значення температури поверхні інею $t_{\text{п}} = -30^\circ \text{C}$.

По діаграмі $i - d$ за допомогою таблиць [1] і розрахункових залежностей наведених нижче визначаємо параметри повітря: $(t, d, i)_j$, і знайдені значення у точках процесу зміни стану повітря у повітроохолоджувачі заносимо у таблицю.

Таблиця 4.1 Параметри повітря в точках

№ точки	t, °C	d·10 ³ , кг/кг	h, кДж/кг	φ, %
1	–20	0,6408	–18,4	90
2	–26	0,3957	–25	113
3(п)	–30	0,2323	–29,6	100

Ґрунтуючись на принципі подібності трикутників (див. мал. 4.1) можна записати:

$$(d_1 - d_{п''}) / (t_1 - t_{п''}) = (d_1 - d_2) / (t_1 - t_2) \quad (4.4)$$

Звідси невідоме значення вологовмісту:

$$d_2 = d_1 - [(t_1 - t_2) \cdot (d_1 - d_{п''}) / (t_1 - t_{п''})] \quad (4.5)$$

$$d_2 = 0,6408 \cdot 10^{-3} - [(-20 + 26) \cdot (0,6408 - 0,2323) \cdot 10^{-3} / (-20 + 30)] = 0,3957 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг.}$$

Відносна вологість повітря на виході з апарату:

$$\phi_2 = d_2 / d_2'' = (0,3957 \cdot 10^{-3} / 0,351 \cdot 10^{-3}) = 1,13 \quad (4.6)$$

де $d_{п''}$ і d_2'' – відповідно вологовміст насиченого повітря при $t_{п''}$ і t_2 .

Отримане значення відносної вологості повітря $\phi_2 = 113\%$ заносимо у таблицю 4.1.

Ентальпію повітря (кДж/кг) в точках процесу 1, 2 і 3 при від'ємних значеннях температури поверхні апарату (інея) знаходимо по залежностям:

$$i_2 = 1,0078 \cdot t_2 + (2835 + 2,09 \cdot t_2) \cdot d_2 \quad (4.7)$$

$$i_2 = 1,0078 \cdot (-26) + [(2835 + 2,09 \cdot (-26))] \cdot 0,3957 \cdot 10^{-3} = -25 \text{ кДж/кг}$$

$$i_3 = 1,0078 \cdot t_3 + (2835 + 2,09 \cdot t_3) \cdot d_3 \quad (4.8)$$

$$i_3 = 1,0078 \cdot (-30) + [(2835 + 2,09 \cdot (-30))] \cdot 0,2323 \cdot 10^{-3} = -29,6 \text{ кДж/кг}$$

$$i_1 = 1,0078 \cdot t_1 + (2835 + 2,09 \cdot t_1) \cdot d_1 \quad (4.9)$$

$$i_1 = 1,0078 \cdot (-20) + [(2835 + 2,09 \cdot (-20))] \cdot 0,6408 \cdot 10^{-3} = -18,4 \text{ кДж/кг}$$

Переходимо до розрахунку геометричних характеристик тепло передавального елемента.

Геометричні характеристики поверхні ребристого елемента, вільного від інею.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня поверхня ребра:

$$F_P = 2 \cdot (A \cdot B - 0,785 \cdot d_3^2) \quad (4.10)$$

$$F_P = 2 \cdot (0,05 \cdot 0,05 - 0,785 \cdot 0,015^2) = 23,23 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$F_T = \pi \cdot d_3 \cdot (u - \delta_{OP}) \quad (4.11)$$

$$F_T = 3,14 \cdot 0,015 \cdot (0,010 - 0,002) = 3,77 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента для усіх типів поверхонь:

$$F_B = \pi \cdot d_3 \cdot u \quad (4.12)$$

$$F_B = 3,14 \cdot 0,013 \cdot 0,010 = 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$F_3 = F_P + F_T \quad (4.13)$$

$$F_3 = (23,23 + 3,77) \cdot 10^{-4} = 27 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт β і степе́нь φ оребрення теплообмінної поверхні:

$$\beta = F_3 / F_B = 27 \cdot 10^{-4} / 4,08 \cdot 10^{-4} = 6,62 \quad (4.14)$$

$$\varphi = F_3 / (\pi \cdot d_3 \cdot u) = 27 \cdot 10^{-4} / (3,14 \cdot 0,015 \cdot 0,010) = 5,73 \quad (4.15)$$

Умовний коефіцієнт оребрення теплообмінної поверхні:

$$\beta_y = F_3 / F_T = 27 \cdot 10^{-4} / 3,77 \cdot 10^{-4} = 7,16 \quad (4.16)$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі при прийнятій товщині шару $\delta_I = 0,003 \text{ м}$.

Зовнішня поверхня інею на ребрі:

$$F_{PI} = 2 \cdot [A \cdot B - 0,785 \cdot (d_3 + 2 \cdot \delta_i)^2] \quad (4.17)$$

$$F_{PI} = 2 \cdot [0,05 \cdot 0,05 - 0,785 \cdot (0,015 + 2 \cdot 0,003)^2] = 21,54 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами:

$$F_{TI} = \pi \cdot (d_3 + 2 \cdot \delta_i) \cdot [u - (\delta_{OP} + 2 \cdot \delta_i)] \quad (4.18)$$

$$F_{TI} = 3,14 \cdot (0,015 + 0,006) \cdot [0,01 - (0,002 + 0,006)] = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня інею на ребристому елементі:

$$F_{3I} = F_{PI} + F_{TI} = 21,54 \cdot 10^{-4} + 1,32 \cdot 10^{-4} = 22,86 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (4.19)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт β^I оребрення поверхні, покритої інеєм:

$$\beta^I = F_{HI} / F_B = 22,86 \cdot 10^{-4} / 4,08 \cdot 10^{-4} = 5,6 \text{ м}^2 \quad (4.20)$$

Мінімальний «живий» перетин одного ребристого елементі, покритого шаром інею, прийнятої товщини:

$$f_{\text{ж}} = (s_1 - d_3 - 2 \cdot \delta_I) \cdot (u - \delta_P - 2 \cdot \delta_I) \quad (4.21)$$

$$f_{\text{ж}} = (0,05 - 0,015 - 2 \cdot 0,003) \cdot (0,01 - 0,0004 - 2 \cdot 0,003) = 1,044 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Задаємося швидкістю повітря у «живому» перетині повітроохолоджувача: $\omega_{\text{П}} = 4 \text{ м/с}$.

Визначаємо режим руху повітря:

$$\text{Re} = (\omega_{\text{П}} \cdot d_E) / \nu_{\text{П}} = (4 \cdot 0,0151) / 11,5 \cdot 10^{-6} = 5252 \quad (4.22)$$

Число Нуссельта для труб з коридорним розміщенням труб:

$$\text{Nu} = C \cdot \text{Re}^n \cdot (L / d_E)^m \quad (4.23)$$

$$\text{Nu} = 0,041 \cdot 5252^{0,78} \cdot (50)^{0,14} = 57$$

де d_E – еквівалентний діаметр, який визначає розміри в критеріях Nu і Re ;

L – сумарна довжина пластин по ходу повітря, $L / d_E = 4 \dots 50$

$$d_E = 2 \cdot (S_1 - d_3) \cdot (u - \delta_P) / [(S_1 - d_3) + (u - \delta_P)] \quad (4.24)$$

$$d_E = 2 \cdot (0,05 - 0,015) \cdot (0,01 - 0,0004) / [(0,05 - 0,015) + (0,01 - 0,0004)] = 0,0151 \text{ м}.$$

$$C = [0,518 - 0,02315 \cdot L / d_E + 0,425 \cdot 10^{-3} \cdot (L / d_E)^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot (L / d_E)^2] \cdot (1,36 - 0,24 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Re}) \quad (4.25)$$

$$C = [0,518 - 0,02315 \cdot 50 + 0,425 \cdot 10^{-3} \cdot (50)^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot (50)^2] \cdot (1,36 - 0,24 \cdot 10^{-3} \cdot 5252) = 0,041$$

$$n = 0,45 + 0,0066 \cdot L / d_E = 0,45 + 0,0066 \cdot 50 = 0,78 \quad (4.26)$$

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot (\text{Re} / 1000) = -0,28 + 0,08 \cdot (5252 / 1000) = -0,08 \quad (4.27)$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря:

$$\alpha_K = \text{Nu} \cdot \lambda_B / d_E \quad (4.28)$$

$$\alpha_K = 57 \cdot 2,256 \cdot 10^{-2} / 0,0151 = 85 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

де d_E – визначальний розмір, м.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт волого випадіння:

$$\xi = 1 + (d_K'' \cdot \phi_K - d_{II}'') \cdot (r - h_{II}) / [c_{II}' \cdot (t_K - t_{II})] \quad (4.29)$$

$$\xi = 1 + (0,6408 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 - 0,2323 \cdot 10^{-3}) \cdot (2835 + 62,7) / [1,007 \cdot (-20 + 30)] = 1,1$$

де $r = 2835$ кДж/кг – питома теплота фазового переходу при $t_{II} < 0^\circ\text{C}$;

$d_{II}'' = 0,2323 \cdot 10^{-3}$ кг/кг – вологовміст повітря у прикордонному шарі у поверхні інею при $t_{II} = -30^\circ\text{C}$ і $\phi = 1,0$;

$$h_{II} = 2,09 \cdot t_{II} = 2,09 \cdot (-30) = -62,7 \text{ кДж/кг} - \text{ентальпія інею};$$

$c_{II}' = 1,006 + 1,9 \cdot d_m = 1,006 + 1,9 \cdot 0,6004 \cdot 10^{-3} = 1,007$ кДж/(кг·К) – питома теплоємність вологого повітря;

$d_m = 0,5 \cdot (d_K + d_2) = 0,5 \cdot (0,6408 + 0,56) \cdot 10^{-3} = 0,6004 \cdot 10^{-3}$ кг/кг – вологовміст повітря при середній температурі.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередавального елемента з урахуванням термічного опору шару інею:

$$\alpha_{ПР} = [1 / (\alpha_K \cdot \xi) + \delta_I / \lambda_I]^{-1} = [1 / (85 \cdot 1,1) + 0,003 / 0,2]^{-1} = 39 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (4.30)$$

де $\lambda_I = 0,2$ Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності інею.

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = \text{th } mh' / mh' = \text{th } 1,06 / 1,06 = 0,74 \quad (4.31)$$

де mh' – безрозмірний комплекс; $mh' = h' \cdot [2 \cdot \alpha_{ПР} / (\delta_{\text{ВЕР.}} \cdot \lambda_P)]^{0,5} = 0,0312 \cdot [2 \cdot 39 / (0,0004 \cdot 180)]^{0,5} = 1,06$.

Умовна висота для суцільних ребер:

$$h' = 0,5 \cdot d_3 \cdot (\rho - 1) \cdot (1 + 0,35 \cdot \ln \rho) \quad (4.32)$$

де $\rho = 1,15 \cdot S / d_3 = 1,15 \cdot 50 / 15 = 3,8333$

$$h' = 0,5 \cdot 0,015 \cdot (3,8333 - 1) \cdot (1 + 0,35 \cdot \ln 3,8333) = 0,0312 \text{ м}$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{ПР.З} = \alpha_{ПР} \cdot (F_P \cdot E \cdot \Psi \cdot c_K + F_{ТР}) / F_3 \quad (4.33)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$\alpha_{\text{пр.н}} = 39 \cdot (23,23 \cdot 10^{-4} \cdot 0,82 \cdot 0,95 \cdot 0,8 + 3,77 \cdot 10^{-4}) / 27 \cdot 10^{-4} = 26,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де $\Psi = 1 - 0,058 \cdot mh' = 0,95$ – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра;

c_k – коефіцієнт, враховуючий контактний термічний опір між трубою та ребром, для мідних труб і алюмінієвих ребер $c_k = 0,8$.

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні аміаку (R717) в трубах апарата:

$$\alpha_0 = 32 \cdot q_v^{0,15} \cdot (\omega \cdot \rho)^{0,47} \quad (4.34)$$

$$\alpha_0 = 32 \cdot 3665^{0,15} \cdot 100^{0,47} = 955 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де q_v – щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби;

$\omega \cdot \rho$ – масова швидкість холодильного агента, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Приймаю $\omega \cdot \rho = 100 \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$

$$q_v = \alpha_k \cdot \xi \cdot (t_{\text{сер.п}} - t_{\text{п}}) \cdot \beta^I = 85 \cdot 1,1 \cdot (-23 + 30) \cdot 5,6 = 3665 \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (4.35)$$

Коефіцієнт теплопередачі:

- віднесений до зовнішньої поверхні інею:

$$k_3^I = (1 / \alpha_{\text{пр.з}} + \varphi \cdot \delta_T / \lambda_T + \beta^I / \alpha_0)^{-1} \quad (4.36)$$

$$k_3^I = (1 / 26,4 + 5,73 \cdot 0,001 / 380 + 5,6 / 955)^{-1} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

- віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні апарату без інею:

$$k_3 = k_3^I \cdot \beta / \beta^I = 23 \cdot 6,62 / 5,6 = 27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.37)$$

Перевіряємо значення раніш прийнятої температури поверхні інею і визначаємо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача.

Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею:

$$\Delta t_p = q_3 / (\alpha_k \cdot \xi) = 324 / (85 \cdot 1,1) = 4 \text{ }^\circ\text{C} \quad (4.38)$$

де q_3 – щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею.

$$q_3 = k_3^I \cdot (t_{\text{сер.п}} - t_0) = 27 \cdot (-23 + 35) = 324 \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (4.39)$$

Відносна похибка прийнятої і розрахункової різниці температур:

$$\delta = |(\Delta t_p - \Delta t) / \Delta t_p| \cdot 100 = |4 - 4| / 4 \cdot 100 = 0\% \quad (4.40)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\Delta t = -26 + 30 = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – прийнята різниця температур повітря і поверхні інею.

Так як значення відносної похибки $\delta \leq 7\%$, визначаємо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача.

Площа (сухої) поверхні повітроохолоджувача:

$$F_3 = Q_0 / [k_3 \cdot (t_{\text{СЕР.П}} - t_0)] = 26020 / [27 \cdot (-23 + 35)] = 80,3 \text{ м}^2 \quad (4.41)$$

Підбір повітроохолоджувачів.

Площа теплопередавальної поверхні:

$$F = Q / (k \cdot \theta_m) \quad (4.50)$$

Для $t_0 = -35 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для камер из м'ясом:

$$F = 17370 / (27 \cdot 12) = 54 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 066C/110 з $F = 58,7 \text{ м}^2$

Підбираю повітроохолоджувачі з каталогу:

для $t_0 = -12 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

для камер из овочами площею $7,5 \text{ м}^2$:

$$F = 15740 / (28 \cdot 11) = 51,1 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 066C/110 з $F = 58,7 \text{ м}^2$

для камер из овочами площею $8,5 \text{ м}^2$:

$$F = 18050 / (28 \cdot 11) = 58,6 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 066C/110 з $F = 58,7 \text{ м}^2$

для камер из гастрономією:

$$F = 8560 / (28 \cdot 11) = 27,8 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

марки 046C/110 з $F = 29,3 \text{ м}^2$

для камер из молоком:

$$F = 11910 / (28 \cdot 11) = 38,7 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 046C/17 з $F = 40,7 \text{ м}^2$.

для камери з рибою:

$$F = 8620 / (28 \cdot 11) = 28 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 046C/110 з $F = 29,3 \text{ м}^2$

для камер из м'ясом:

$$F = 7840 / (28 \cdot 11) = 25,5 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 046C/110 з $F = 22 \text{ м}^2$

для камер из курятиною:

$$F = 5130 / (28 \cdot 11) = 16,7 \text{ м}^2$$

Приймаю по каталогам фірми Güntner один повітроохолоджувач марки 041C/110 с $F = 22 \text{ м}^2$

Таблица 4.3 Технічна характеристика повітроохолоджувачів

Марка	041C/110	066C/110	046C/110	046C/17
Площа тепло передавальної поверхні, м^2	22	58,7	29,3	40,7
Габаритні розміри, мм				
• довжина	1000	1400	1200	1200
• ширина	1565	1565	1565	1565
• висота	435	450	450	450

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовний діаметр трубопровода				
• вхід ХА	16	16	16	16
• вихід ХА	35	42	35	35
Об'єм трубного простору, л	10	15	12	12
Маса, кг	57	80	69	69

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОНДЕНСАТОРА

Вихідні дані для розрахунку: для $t_0 = -35^\circ\text{C}$

- теплове навантаження $Q_K = 231000 \text{ Вт};$
- температура конденсації $t_k = 42^\circ\text{C};$
- початкова температура повітря $t_{n1} = 32^\circ\text{C};$
- кінцева температура повітря $t_{n2} = 38^\circ\text{C};$
- холодильний агент R404A;
- труби мідні;
- діаметр внутрішній $d_{\text{вн}} = 10,6 \text{ мм};$
- діаметр зовнішній $d_0 = 12 \text{ мм};$
- товщина стінки $0,7 \text{ мм};$
- крок труб – шаховий:

$$S_1 = 50 \text{ мм};$$

$$S_2 = 25 \text{ мм};$$

- ребра алюмінієві пластинчаті:

$$S_p = 2,1 \text{ мм};$$

$$\delta = 0,3 \text{ мм}.$$

Середній температурний напір між R404A і повітрям:

$$\ln \frac{t_k - t_{n1}}{t_k - t_{n2}} = \ln \frac{42 - 32}{42 - 38} = 1,5 \quad ^\circ\text{C} \quad (5.1)$$

Розрахуємо геометричні характеристики оребреної труби.

Площа тепло передавальної поверхні труби довжиною 1 м:

- внутрішня:

$$F_{\text{вн}} = \pi \cdot d_{\text{вн}} = 3,14 \cdot 0,0106 = 0,0333 \text{ м}^2 / \text{м} \quad (5.2)$$

- зовнішня носійна стіна труби:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{01} = \pi \cdot d_0 = 3,14 \cdot 0,012 = 0,0377 \text{ м}^2 / \text{м} \quad (5.3)$$

повна зовнішня поверхня ребер F_{p1} і межреберних діляниць (F_{mp1}):

$$F_{з1} = F_{p1} + F_{mp1} = \frac{1}{S_p} \cdot [2 \cdot (S_1 \cdot S_2 - \pi \cdot d_0^2 / 4) + (S_p - \delta) \cdot \pi \cdot d_0] \quad (5.4)$$

$$F_{з1} = \frac{1000}{2,1} [2(0,05 \cdot 0,025 - 3,14 \cdot 0,012^2 / 4) + (0,0021 - 0,0003) 3,14 \cdot 0,012] =$$

$$1,083 + 0,04 = 1,12 \text{ м}^2 / \text{м}$$

коефіцієнт оребрення:

$$\beta = F_z / F_{01} = 1,12 / 0,0333 = 33,6 \quad (5.5)$$

зовнішня степе́нь оребрення:

$$\varphi_z = F_z / F_0 = 1,12 / 0,0377 = 29,7 \quad (5.6)$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі α_k від повітря до зовнішньої поверхні визначаємо згідно рівняння Д. М. Іоффе для пластинчатих ребер з шаховим розташуванням труб:

$$Nu_{\Pi} = 0,178 \cdot Re_{\Pi}^{0,6} \cdot (L / d_{ек})^{-0,14} \quad (5.7)$$

У якості характерного розміру прийнятий еквівалентний діаметр звуженого перетину для проходу повітря:

$$d_{ек} = \frac{2 \cdot (S_1 - d_0) \cdot (S_p - \delta)}{(S_1 - d_0) + (S_p - \delta)} = \frac{2 \cdot (50 - 12) \cdot (2,1 - 0,3)}{(50 - 12) + (2,1 - 0,3)} = 3,44 \text{ мм} \quad (5.8)$$

де L – ширина ребра, яка дорівнює у нашому випадку кроку труб S_1 .

При середній температурі повітря в апараті $t_{\Pi} = t_z - \theta_m = 42 - 6,5 = 35,5 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$\lambda_{\Pi} = 0,0272 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\mu_{\Pi} = 18,9 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Приймаємо масову швидкість руху повітря $w_{p\Pi} = 5 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$

$$Re_{\Pi} = \frac{w \cdot \rho_{\Pi} \cdot d_{ек}}{\mu} = \frac{5 \cdot 0,00344 \cdot 10^6}{18,9} = 910 \quad (5.9)$$

$$\alpha_{\Pi} = 0,178 \cdot \frac{\lambda_{\Pi}}{d_{ек}} \cdot Re_{\Pi}^{0,6} \cdot (L / d_{ек})^{-0,14} = 0,178 \cdot \frac{0,0272}{0,00344} \cdot 910^{0,6} \cdot \left(\frac{50}{3,44} \right)^{-0,14} = 57,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.10)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо приведений коефіцієнт тепловіддачі.

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = \frac{thmh^1}{mh^1} = \frac{th(1,34)}{1,34} = 0,65 \quad (5.11)$$

$$\text{де } h^1 = \frac{d_0}{2} \cdot (p-1) \cdot (1 + 0,805 \cdot \lg p) = \frac{12}{2} \cdot (4,2-1) \cdot (1 + 0,805 \cdot \lg 4,2) / 1000 = 0,029 \text{ м} \quad (5.12)$$

$$p = 1,15 \cdot \frac{S_1}{d_0} = 1,15 \cdot \frac{50}{12} = 4,2 \quad (5.13)$$

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_B}{\lambda_p \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 57,7}{0,0003 \cdot 180}} = 46,23 \frac{1}{\text{м}} \quad (5.14)$$

$$m \cdot h^1 = 46,23 \cdot 0,029 = 1,34 \quad (5.15)$$

Тут λ_p – теплопровідність алюмінієвого ребра, $\lambda_p = 180 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Коефіцієнт тепловіддачі, приведений до внутрішньої поверхні (при відсутності теплового опору у місці контакту труб і ребер):

$$\alpha_{\text{пр.вн}} = \alpha_{\text{п}} \cdot \left(\frac{F_{\text{р1}}}{F_{\text{вн1}}} \cdot E + \frac{F_{\text{мп1}}}{F_{\text{вн1}}} \right) = 57,7 \cdot \left(\frac{1,083}{0,0333} \cdot 0,65 + \frac{0,04}{0,0333} \right) = 1289 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.16)$$

Рівняння для щільності теплового потоку від внутрішньої поверхні стінки труби до повітря:

$$q_{\text{п}} = \alpha_{\text{пр.вн}} \cdot \theta_{\text{п}} = 1289 \cdot \theta_{\text{п}} \text{ Вт/м}^2 \quad (5.17)$$

де $\theta_{\text{п}} = t_{\text{ст}} - t_{\text{п}}$ – частковий температурний напір між стінкою труби і повітрям.

Рівняння для щільності теплового потоку від R404A до внутрішньої поверхні труби:

$$q_a = \alpha_a \cdot \theta_a \quad (5.18)$$

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі конденсованого у горизонтальній трубі R404A застосовуємо теоретичну формулу:

$$\alpha_a = 0,555 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot r \cdot \rho \cdot \lambda^3}{v \cdot \theta_a \cdot d_{\text{вн}}}} = 0,555 \cdot \sqrt[4]{r} \cdot \sqrt[4]{\frac{g \cdot \rho \cdot \lambda^3}{v}} \cdot d_{\text{вн}}^{-\frac{1}{4}} \cdot \theta_a^{-\frac{1}{4}} \quad (5.19)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\theta_a = t_3 - t_{cm}$ – температурний напір між конденсованим R12 і внутрішньою стінкою труби.

З додатку 24 по $t_k = 42$ °С знаходимо:

$$\sqrt[4]{r} = 20,02; \quad \sqrt[4]{\frac{g \cdot r \cdot \rho \cdot \lambda^3}{v}} = 72,3;$$

$$\alpha_a = 0,555 \cdot 20,02 \cdot 72,3 \cdot 0,0106^{-0,25} \cdot \theta_a^{-0,25} = 2504 \cdot \theta_a^{-0,25} \quad (5.20)$$

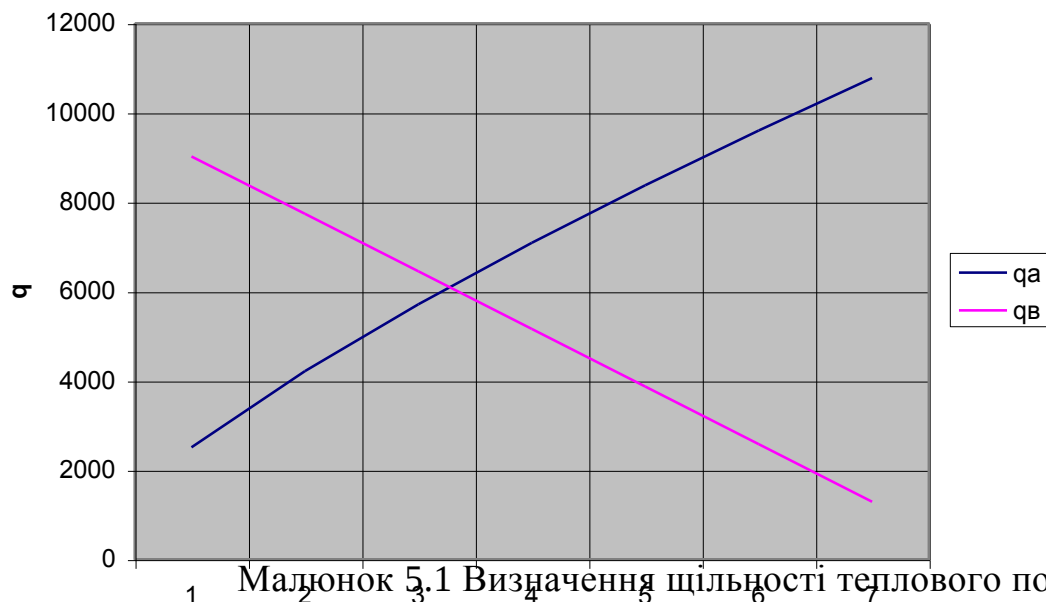
Щільність теплового потоку від агента до стінки труби:

$$q_a = 2504 \cdot \theta_a^{0,75} \quad (5.21)$$

Визначаємо щільність теплового потоку від агента до повітря. Будуємо у координатах $q - \theta$ графіки рівнянь для q_v і q_a по даним таблиці 5.1

Таблиця 5.1

θ_a	1	2	3	4	5	6	7
q_a	2504	4211,21	5707,89	7082,38	8372,63	9599,48	10776
θ_v	1	2	3	4	5	6	7
q_v	1289	2578	3867	5156	6445	7734	9023



У точці їх перетину знаходимо значення: $q_{vn} = 6010$ Вт/м²; $\theta_a = 3,3$ °С;

$$\theta_{II} = \theta_m - 3,32 = 6,5 - 3,3 = 3,2$$
 °С (5.22)

Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі агента і теплопередачі.

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_a = q_{\text{вн}} / \theta_a = 6010 / 3,3 = 1821 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad (5.23)$$

Коефіцієнт теплопередачі:

- віднесений до внутрішньої поверхні:

$$k_{\text{вн}} = q_{\text{вн}} / \theta_m = 6010 / 6,5 = 925 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.24)$$

- віднесений до зовнішньої поверхні:

$$k_z = k_{\text{вн}} / \beta = 925 / 33,6 = 27,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.25)$$

Перевіряємо вірність виконаного графоаналітичного розрахунку:

$$\alpha_{k_{\text{вн}}}^a = \frac{2504 \cdot \theta_a^{-0,25}}{\frac{1}{1289} + \frac{0,0007}{380} + \frac{1}{1821}} = \frac{2504 \cdot 3,3^{-0,25}}{0,00115} = 1858 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.26)$$

$$\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.27)$$

Визначаємо основні компоновальні характеристики конденсатора.

Площа зовнішньої поверхні конденсатора:

$$F_3 = \frac{Q_0}{q_{\text{вн}}} \cdot \beta = \frac{80000}{6010} \cdot 33,6 = 447 \text{ м}^2 \quad (5.28)$$

Загальна довжина труб в конденсаторі:

$$L = F_3 / F_{31} = 447 / 1,12 = 400 \text{ м} \quad (5.29)$$

Витрата повітря:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_0}{c_p^1 \cdot (t_{\text{п2}} - t_{\text{п1}})} = \frac{80000}{1036 \cdot (38 - 32)} = 12,9 \text{ кг/с} \quad (5.30)$$

Теплоємність вологого повітря:

$$c_p^1 = 1005 + 1,89 \cdot d = 1005 + 1,89 \cdot 16,2 = 1036 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

При $t_{\text{п}} = 35,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і $\varphi = 0,45$.

Площа «живого» перетину 1 м довжини оребреної труби:

$$f_{\text{ж1}} = \frac{(S_1 - d_0) \cdot (S_p - \delta)}{S_p} = \frac{(50 - 12) \cdot (2,1 - 0,3)}{2,1 \cdot 1000} = 0,033 \text{ м}^2 / \text{м} \quad (5.31)$$

Довжина труб в одному ряду:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$l = L_x \cdot n_1 = 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ м} \quad (5.32)$$

Приймаємо число рядів по ходу повітря $z = 8$.

Приймаємо число труб в одному ряду (по ходу повітря) $n_1 = 40$.

Приймаємо довжину однієї труби $L_x = 1,25 \text{ м}$.

Загальна кількість труб в конденсаторі:

$$N = 8 \cdot 40 = 320 \quad (5.33)$$

Їх компоновальна довжина:

$$L_K = 320 \cdot 1,25 = 400 \text{ м} \quad (5.34)$$

Розрахуємо втрати напору і витрату енергії на вентилятор.

Аеродинамічний опір повітряного конденсатора з пластинчатими ребрами:

$$\Delta p = 0,233 \cdot z \cdot (w \cdot p)^{1,8} \cdot \left(\frac{S}{S_p \cdot \delta} \right)^{0,42} = 0,223 \cdot 8 \cdot (5)^{1,8} \cdot \left(\frac{50}{2,1 \cdot 0,3} \right)^{0,42} = 203 \text{ Па} \quad (5.35)$$

Згідно проведеному розрахунку, спроектований конденсатор є аналогічним згідно своїх конструктивних і тепло передавальних характеристик конденсатору фірми Güntner марки 018/3 з площею теплопередавальної поверхні 471 м^2 .

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

Розрахунок трубопроводів виконується наступним чином: конструктивно задаємося діаметрами трубопроводів, перевіряємо швидкості у них і порівнюємо з рекомендованими значеннями.

Таблиця 6.1 Розрахунок для $t_0 = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$

Назва трубопроводу	$v_{\text{пару}},$ м ³ /кг	$\rho,$ кг/м ³	$G_a,$ кг/с	$V,$ м ³ /с	$\omega,$ м/с	$f_{\text{ж.п.}},$ м	$d,$ м	$D_y,$ м
Всмоктувальний	0,149	—	0,284	0,042	8,423	0,005	0,080	0,080
Нагнітальний	0,013	—	0,284	0,004	7,010	0,001	0,025	0,025
Рідинний на ресивер	—	1015	0,284	0,000	0,736	0,000	0,022	0,022
Рідинний на ТРВ	—	1015	0,284	0,000	0,736	0,000	0,022	0,022
Всмоктувальний колектор	0,149	—	1,420	0,212	11,979	0,018	0,150	0,150
Нагнітальний колектор	0,013	—	1,420	0,018	9,045	0,002	0,050	0,050

Таблиця 6.2 Розрахунок для $t_0 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$

Назва трубопроводу	$v_{\text{пару}},$ м ³ /кг	$\rho,$ кг/м ³	$G_a,$ кг/с	$V,$ м ³ /с	$\omega,$ м/с	$f_{\text{ж.п.}},$ м	$d,$ м	$D_y,$ м
Всмоктувальний	0,054	—	0,717	0,039	7,707	0,005	0,080	0,080
Нагнітальний	0,012	—	0,717	0,009	9,136	0,001	0,035	0,035
Рідинний на ресивер	—	1030	0,717	0,001	1,131	0,001	0,028	0,028
Рідинний на ТРВ	—	1030	0,717	0,001	1,131	0,001	0,028	0,028
Всмоктувальний колектор	0,054	—	2,150	0,116	6,573	0,018	0,150	0,150
Нагнітальний колектор	0,012	—	2,150	0,026	13,366	0,002	0,050	0,050

7. ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ

7.1 Вибір лінійного ресивера.

Лінійний ресивер призначений для схову рідкого холодильного агента і для безперервної подачі агента на терморегулюючий вентиль. Він являє собою стальну посудину з одним входом і одним виходом, оснащеним запірним вентилем. Підбір ресивера виконується по кількості рідкого холодильного агента у системі. При зливанні рідкого агента в ресивер з усієї системи він повинен бути заповненим на 80%

Визначаємо кількість рідкого агента у системі з $t_0 = -35^{\circ}\text{C}$

Кількість рідкого агента у конденсаторі.

При нормальних умовах експлуатації конденсатор заповнений на 10%.

Об'єм агента в конденсаторі:

$$V_{a2}^{конд} = L_{заг} \cdot \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot 10\% = 0,058 \cdot 0,1 = 0,0058 \text{ м}^3 \quad (7.1)$$

де $L_{заг}$ – загальна довжина труб конденсатора;

$d_{вн}$ – внутрішній діаметр труби.

Кількість рідкого агента у повітроохолоджувачі.

При нормальних умовах експлуатації повітроохолоджувач заповнений на 30%.

Об'єм агента у повітроохолоджувачі:

$$V_{a2}^{но} = L_{заг} \cdot \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \cdot 30\% = \left(288 \cdot \frac{\pi \cdot 0,013^2}{4} + 0,015 \right) \cdot 0,3 = 0,016 \text{ м}^3 \quad (7.2)$$

Об'єм агента у рідинних магістралях дорівнює $V_{a2}^{р.м.} = 0,001 \text{ м}^3$.

Кількість рідкого агента у системі:

$$V_{a2} = V_{a2}^{конд} + V_{a2}^{но} + V_{a2}^{р.м.} = 0,0058 + 0,016 + 0,001 = 0,03 \text{ м}^3 \quad (7.3)$$

Об'єм ресивера:

$$V_{pec} = \frac{V_{a2}}{0,8} = \frac{0,03}{0,8} = 0,04 \text{ м}^3 \quad (7.4)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбираємо ресивер з ємністю $V_{\text{рес}} = 0,055 \text{ м}^3 = 55 \text{ літрів}$.

Вибираємо з каталогу фірми ALFA LAVAL вертикальний ресивер.
Діаметр – 273 мм, висота – 1070 мм.

Визначаємо кількість рідкого агента у системі з $t_0 = -12^\circ\text{C}$

Кількість рідкого агента у конденсаторі.

Об'єм агента в конденсаторі:

$$V_{a2}^{\text{конд}} = L_{a2} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot 10\% = 0,23 \cdot 0,1 = 0,023 \text{ м}^3$$

Кількість рідкого агента у повітроохолоджувачі.

Об'єм агента у повітроохолоджувачі:

$$V_{a2}^{\text{но}} = V_{a2} \cdot 30\% = (0,01 + 0,03 + 0,015 + 0,024 + 0,012) \cdot 0,3 = 0,02 \text{ м}^3$$

Об'єм агента у рідинних магістралях дорівнює $V_{a2}^{\text{р.м.}} = 0,001 \text{ м}^3$.

Кількість рідкого агента у системі:

$$V_{a2} = V_{a2}^{\text{конд}} + V_{a2}^{\text{но}} + V_{a2}^{\text{р.м.}} = 0,023 + 0,02 + 0,001 = 0,044 \text{ м}^3$$

Об'єм ресивера:

$$V_{\text{рес}} = \frac{V_{a2}}{0,8} = \frac{0,044}{0,8} = 0,06 \text{ м}^3$$

Підбираємо ресивер з ємністю $V_{\text{рес}} = 0,075 \text{ м}^3 = 75 \text{ літрів}$.

Вибираємо з каталогу фірми ALFA LAVAL вертикальний ресивер.
Діаметр – 273 мм, висота – 1410 мм.

7.2 Вибір віддільника рідини.

Віддільники рідини призначені для уловлювання крапель рідини, які виносяться паром з випарника, і встановлюються на всмоктувальній лінії компресора. Відділення рідини від пари відбувається внаслідок різкої зміни величини і напрямку швидкості агента.

Підбір віддільника рідини виконаємо згідно зовнішнього діаметра апарату, виходячи з умови: швидкість пари у апараті не повинна перевищувати 0,5 м/с.

Вибираємо з каталогу фірми Gokceler по діаметру пацівків:

- для $t_0 = -35^\circ\text{C}$ п'ять віддільників рідини LTG70/80;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для $t_0 = -12^{\circ}\text{C}$ три віддільника рідини LTG70/80.

7.3 Вибір масловіддільника.

Масловіддільник призначений для уловлювання масла, яке виноситься агентом з компресору у вигляді крапель чи пари.

Підбір масловіддільника виконаємо по діаметру нагнітального колектора:

- для $t_0 = -35^{\circ}\text{C}$ масловіддільник YAG2-54;
- для $t_0 = -12^{\circ}\text{C}$ масловіддільник YAG2-54.

7.4 Вибір терморегулюючого вентиля (ТРВ).

ТРВ призначений для автоматичної подачі холодильного агента у випарник у залежності від перегріву вихідної пари з випарника і тиску у випарнику

Вибір ТРВ виконується по каталогу виготовлювача з урахуванням температури кипіння і навантаження.

Вибираємо з каталогу фірми Danfos ТРВ:

- для $t_0 = -35^{\circ}\text{C}$ TEX 5-7.5 2 шт.;
- для $t_0 = -12^{\circ}\text{C}$ TEX 5-4.5 3 шт. и TX2/TEX 2-3.0 4 шт.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Мета автоматизації – підвищення економічної ефективності устаткування і забезпечення безпеки при його роботі.

Пристрої автоматики підвищують економічність експлуатації, головним чином, унаслідок зменшення витрат праці на обслуговування, підвищення продуктивності праці персоналу. Відмова від безперервного обслуговування установок на підприємствах – споживачах холоду дозволила би вивільнити десятки тисяч кваліфікованих робітників.

Автоматизацію холодильних машин і установок здійснюють з метою підвищення їх економічної ефективності і забезпечення безпеки роботи людей. Підвищення економічної ефективності досягається унаслідок зменшення експлуатаційних витрат і витрат на ремонт устаткування, а безпека експлуатації – вживанням автоматичних пристроїв, що захищають установки від роботи в небезпечних режимах.

Системою автоматизації називають сукупність об'єкту автоматизації і автоматичних пристроїв, що дозволяють управляти роботою цього об'єкту без участі персоналу.

Об'єктом автоматизації можуть бути машина або установка в цілому, або окремі її агрегати, вузли, апарати і так далі; об'єкт характеризується вихідною, або регульованою величиною і її зв'язком з вхідною, або регулюючою (керівником), дією.

Системи автоматизації можуть бути замкнутими і розімкненими.

Замкнута система складається з об'єкту і автоматичного пристрою, які сполучені між собою прямим і зворотним зв'язками. По прямому зв'язку до об'єкту підводиться вхідна дія, по зворотному – вихідна величина впливає на автоматичний пристрій.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система цього вигляду працює по відхиленню фактичної величини від заданого значення.

Якщо призначення системи – підтримувати фактичну величину біля заданого значення при змінах зовнішньої дії, то таку систему називають системою автоматичного регулювання (САР).

Якщо нормальна робота об'єкту протікає при значеннях фактичної величини, що відрізняються від заданого значення, а досягши рівності між ними в об'єкт посиляється сигнал вхідної дії на відключення або виконання інших операцій, то таку систему називають системою автоматичного захисту (САЗ).

Розімкнена система – система, в якій один із зв'язків (зворотний або прямий) відсутній. Система без зворотного зв'язку служить для управління об'єктом, яке здійснюється по непрямому параметру. Цей параметр пов'язаний з вихідною величиною і сприймається автоматичним пристроєм. Відхилення непрямого параметра від заданого значення викликають зміни вхідної дії. Таким чином, автоматичний пристрій повинен містити функціональний перетворювач, що забезпечує формування сигналу вхідної дії залежно від відхилення.

Системи автоматизації вирішують комплекс завдань по управлінню роботою холодильної машини або установки. Ці завдання слід розділяти на основні і допоміжні.

Основним завданням автоматизації є підтримка заданої температури в об'єкті охолодження або температури холодоносія. Це завдання вирішується шляхом автоматичного регулювання температури.

До допоміжних завдань автоматизації відносять живлення випарників рідким холодильним агентом, підтримку тиску конденсації і ін.

Система автоматичного захисту холодильних установок.

У холодильних машинах і установках із-за відмов окремих вузлів або агрегатів, а також із-за порушень в системах енерго- і водопостачання можуть

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виникати небезпечні режими: підвищення тиску і температури, рівня рідини в окремих апаратах або вузлах машин, припинення змащування тертьових пар, відсутність охолоджуючої води і так далі. Якщо не будуть прийняті своєчасні заходи, можуть бути пошкоджені або зруйновані компресори, теплообмінні апарати і інші елементи установки. При цьому виникає серйозна небезпека для життя і здоров'я обслуговуючого персоналу.

Захист холодильних машин і установок включає цілий комплекс технічних і організаційних заходів, що забезпечують безпечну їх експлуатацію.

Основною вимогою до САЗ є висока надійність, яка досягається вживанням високонадійних реле захисту і елементів електричних схем, резервування реле і інших елементів захисту в особливо відповідальних випадках, зменшенням числа елементів, що послідовно включаються в САЗ, використанням найбільш безпечних варіантів електричних схем, організацією профілактичних перевірок і ремонтів в процесі експлуатації.

Серед систем захисту можна виділити наступні: профілактична і аварійна.

Профілактична система захисту – захист, який впливає на регулюючі пристрої або окремі елементи регулятора до настання небезпечного режиму. Наприклад, в разі припинення подачі води на конденсатор компресор необхідно зупинити, не чекаючи аварійного підвищення тиску.

Аварійна система захисту – захист, який сприймає відхилення регульованого параметра і, коли значення його стає небезпечним, відключає один з вузлів системи, аби розузгодження більше не зростало. При спрацьовуванні автоматичного захисту нормальне функціонування системи автоматичного регулювання припиняється і регульований параметр зазвичай виходить за допустимі межі. Якщо після спрацьовування захисту контрольований параметр повернувся в задану зону, САЗ може включити відключений вузол, і система регулювання продовжує нормально

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працювати (захист багаторазової дії). На крупних об'єктах частіше застосовуються САЗ одноразової дії, тобто після повернення контрольованого параметра в допустиму зону відключені захистом вузли самі вже не включаються.

Система автоматизованого управління.

САУ виконує найбільшу кількість функцій в процесах автоматичного управління холодильною установкою. Це – «серце» всього автоматичного контура. У САУ поступають сигнали від САЗ, а також і від інших датчиків, використовуваних в технологічній схемі. САУ по сигналу від САЗ вмикає компресор, змінює холодовидатність компресора тим або іншим способом. Також САУ блокує пуск установки у випадку, якщо необхідні умови для пуску не виконані: протока води через сорочки КМ (якщо аміачний), а також через сорочки конденсатора, напруга живлячої мережі вийшла за допустимі межі і так далі.

САУ сприймає різні сигнали від приладів, обробляє їх і якщо необхідно, то перетворює в інші, а потім формує вихідний сигнал для відповідних виконавчих механізмів.

Опис холодильної установки.

Мультикомпресорна фреонова установка складається з 3–х беззащільникових поршневих компресорів. До складу ХУ також входять сім камер і двадцять одна вітрина, які мають однакові температури в охолоджуючому об'ємі.

У мультикомпресорній установці використовуються компресора фірми COPELAND, які не вимагають водяного охолодження. Продуктивність МКУ регулюється по тиску у всмоктуючому колекторі. Також є масловіддільник, який підключений до масляного колектора, а останній, у свою чергу, підключений до кожного з компресорів МКУ через поплавцевий регулятор рівня.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відведення тепла конденсації здійснюється за допомогою повітряного конденсатора, тиск конденсації регулюється за допомогою зміни числа працюючих вентиляторів.

Відведення теплового навантаження з камер і вітрин виконується повітроохолоджувачами.

Пари х/а з вітрин і камер потрапляють у всмоктуючий колектор. Зі всмоктуючого колектора МКУ відсмоктує пари х/а, стискує і нагнітає їх в нагнітальний колектор. З нагнітального колектора пари поступають в масловіддільник, після чого вони поступають в конденсатор, де конденсуються, зливаються в лінійний ресивер, після ресивера рідкий х/а поступає на ТРВ.

Регулювання температури в охолоджуваному об'єкті.

Регулювання температури в камерах здійснюється за допомогою електронних блоків, які формують сигнал для відкриття або закриття вентилів подачі фреону в камеру або вітрину. Таким чином, регулюючи витрату холодоносія через охолоджуючі прилади, регулюється температура в камерах.

Ланцюг: $t_{\text{кам}} \rightarrow 9a, 12a \rightarrow 9б, 12б \rightarrow 19, 21 \rightarrow \text{св1}, \text{св2}$

де $t_{\text{кам}}$ – температура в камері або вітрині;

9б, 12б – вхід контролера АКС72А, CDC12;

9а, 12а – датчик температури;

св1, св2 – виконавчі механізми.

Включення компресора виконується вручну, а надалі пуск і зупинка компресорів виконуються електронним регулятором продуктивності.

Ланцюг: КУ1 $\rightarrow$ KS1 $\rightarrow$ ЕКС331 $\rightarrow$ ПМ1, ПМ2, ПМ3 $\rightarrow$ 15, 16, 17 $\rightarrow$ ДКм1, ДКм2, ДКм3. (ручний пуск)

Ланцюг: $P_{\text{вс}} \rightarrow 9 \rightarrow 6a \rightarrow$ ЕКС331 $\rightarrow$ ПМ1, ПМ2, ПМ3 $\rightarrow$ 15, 16, 17 $\rightarrow$ ДКм1, ДКм2, ДКм3. (автоматичне регулювання продуктивності).

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{вс}$ – тиск у всмоктуючому колекторі;

15, 16, 17 – імпульсні лінії передачі сигналу;

6а – датчик і електронний регулятор;

ДКм1, ДКм2, ДКм3 – двигуни компресора.

Для живлення повітроохолоджувачів застосований терморегулюючий вентиль ТРВ (який живить випарник залежно від перегріву пари на виході випарника). Термобалон і лінія відбору тиску приєднані безпосередньо до виходу з випарника.

Регулювання тиску конденсації.

Регулювання тиску конденсації виконується по тиску в нагнітальному колекторі за допомогою датчика тиску і електронного регулювальника, при зміні тиску змінюється число працюючих вентиляторів.

Ланцюг: $P_{нг} \rightarrow 10 \rightarrow 7a \rightarrow \text{ЕКС331} \rightarrow \text{ПМ4} \rightarrow 18 \rightarrow \text{Д4}$

$P_{нг}$ – тиск в нагнітальному колекторі;

18 – імпульсна лінія передачі сигналу;

7а – датчик і електронний регулятор;

Д4 – двигуни вентилятора конденсатора.

Система автоматичного захисту.

У систему автоматичного захисту входять різні датчики і реле, які забезпечують безпечну безперебійну роботу установки.

Захист компресора по тиску всмоктування (для запобігання роботи установки при зниженій температурі кипіння; роботи при зниженому (нижче атмосферного) тиску, щоб уникнути підсмоктування повітря в систему). Відбір тиску виконується на всмоктуючому колекторі.

Ланцюг: $1 \rightarrow 1a \rightarrow 16 \rightarrow \text{ЕКС331} \rightarrow \text{ПМ1}, \text{ПМ2}, \text{ПМ3} \rightarrow 15, 16, 17 \rightarrow \text{ДКм1}, \text{ДКм2}, \text{ДКм3}$

1 – лінія відбору контрольованої величини;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1а – датчик тиску;

1б – реле тиску;

15, 16, 17 – імпульсна лінія передачі сигналу;

ПМ1, ПМ2, ПМ3 – магнітний пускач;

ДКм1, ДКм2, ДКм3 – двигун компресора.

Захист компресора від підвищеного тиску нагнітання, щоб уникнути підвищеної температури нагнітання, яка може привести до втрати змащувальних властивостей масла. Відбір тиску виконується на нагнітальному колекторі.

Ланцюг: 2 → 2а → 2б → ЕКС331 → ПМ1, ПМ2, ПМ3 → 15, 16, 17 → ДКм1, ДКм2, ДКм3

2 – лінія відбору контрольованої величини;

2а – датчик тиску;

2б – реле тиску;

15, 16, 17 – імпульсна лінія передачі сигналу;

ПМ1, ПМ2, ПМ3 – магнітний пускач;

ДКм1, ДКм2, ДКм3 – двигун компресора.

Захист КМ від роботи без масла здійснюється за допомогою реле різниці тисків (поз. 4в, 6в, 8в). Реле різниці тисків отримує сигнали від датчиків тиску масла (позиції: 3а, 3б, 4а, 4б, 5а, 5б). Відбір тисків виконується до і після маслососа. Реле різниці тисків передає сигнал на САЗ і далі САУ в звичайному порядку вимикає КМ. В ланцюзі управління присутнє реле часу, який блокує на якийсь час при пуску спрацьовування реле різниці тисків.

Ланцюг: 3, 4, 5, 6, 7, 8 → 3а, 3б, 4а, 4б, 5а, 5б → ЕКС331 → ПМ1, ПМ2, ПМ3 → 15, 16, 17 → ДКм1, ДКм2, ДКм3

Окрім цього, в системі масла регулюється рівень масла в картері компресора за допомогою поплавцевого регулятора рівня 25б, 26б, 27б, з

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метою підтримки постійного рівня для ефективного змащування тертьових поверхонь.

Ланцюг: 14а, 15а, 16а → 14б, 15б, 16б → ІМ1, ІМ2, ІМ3.

Система відтавання полягає в тому, що припиняється подача х/а в повітроохолоджувач за допомогою соленоїдного вентиля, і зняття інею здійснюється за рахунок теплоприливів, при цьому вентилятори ПО працюють. За відтавання в камері відповідає електронний регулювальник АКС 72А, а у вітринах – Сdc12.

У цих електронних блоках є реле часу в, якому задається час, через який виконується відтавання. Кінець відтавання розпізнається по температурі поверхні ПО, датчик температури встановлюється в тому місці, де найбільша кількість інею.

Ланцюг: 8а, 10а → 8, 10 → 8б, 10б → 19, 21 → св2, св1

11а, 13а – датчик температури;

11б, 13б – електронний блок АКС72А, CDC12;

13, 11, 19, 21 – імпульсні лінії передачі;

св2, св1 – виконавчі механізми.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 Вибір пристроїв і приладів автоматики

Позиція	Найменування	Призначення	Тип
1б, 2б	Реле тиску	Захист КМ від підвищеного тиску нагнітання і зниженого тиску всмоктування	КР15 універ.
3в, 4в, 5в	Реле контролю змащування	Контролює різницю тисків до і після маслонасоса. Захист КМ від роботи в «сухому режимі»: $\Delta P = 2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$	РКС – 1 – ОМ5 – 01А
6б, 7б	Електронний регулятор продуктивності	Призначений для регулювання тиску всмоктування чи тиску нагнітання шляхом зміни числа працюючих компресорів або вентиляторів	ЕКС331
11б	Електронний блок	Призначений для регулювання температури у вітринах, контролю і виконання відтавання	CDC12
9б	Електронний регулятор	Призначений для регулювання температури в камерах, контролю і виконання відтавання	АКС 72А
14б,15б, 16б	Регулятор рівня	Підтримує заданий рівень масла в картері	YSRG FLE 2А
12а, 13а	ТРВ	Регулювання продуктивності ПО	ТЕХ 5–7.5
Пм1 ÷ Пм4	Магнитные пускатели	Включення і виключення двигунів	–

9. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

В даний час широко використовуються магазини самообслуговування, які називаються супермаркетами. У супермаркетах подані до продажу різні види продукції, тобто зайшовши до супермаркету, покупець може вибрати собі все, що йому треба придбати – від свіжих продуктів до побутової хімії. У супермаркетах товари розташовуються таким чином, щоб покупець, проходячи по колу, послідовно переходив від товарів одного типу до товарів іншого типу. Головним чином, на покупця впливає ергономіка і дизайн в супермаркеті.

У супермаркеті продається як вже готова продукція, що привозиться з віддалених регіонів і ввозиться з-за кордону, так і продукція, яка купується в селах або колгоспах, яка безпосередньо обробляється і фасується в передбачених для цього цехах.

Оскільки в асортименті супермаркету є швидкопсувні продукти, необхідна стабільна і відповідна технологічним вимогам зберігання система холодопостачання. У даному проекті реалізується вище вказана система, яка частково утилізує тепло, вироблене холодильною установкою на підігрівання торговельного залу в зимовий період. У даному проекті використовується устаткування відомих і авторитетних фірм, таких як Danfos, Alfa Laval, Copeland, Gökseler.

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;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$O = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad (9.1)$$

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. 9.1).

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1

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 пози-	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

	тивних результатів			
--	-----------------------	--	--	--

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.13.1.

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. 9.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.2

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, м³	4,13	3,12
Трудовісткість 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:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3 \quad (9.2)$$

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. 9.3).

Таблиця 9.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$HTE = 7 \cdot 0,35 + 6 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,1 = 2,45 + 2,1 + 1 + 0,6 = 6,15$$

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 HTE може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки HTE (K_{HTE}):

$$K_{HTE} = \frac{HTE}{10} \cdot 100 \%$$

На основі даних табл. 9.3 можна дійти до висновку, що K_{HTE} відповідає 61,5 %, тобто:

$$K_{HTE} = (6,15 \cdot 100) / 10 = 61,5 \%$$

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

– цілком достатній 5,0 – 6,0;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 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.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

10. ОХОРОНА ПРАЦІ

Апарати хладонових холодильних установок розміщені в приміщеннях заввишки 3,5 м.

У одному приміщенні з хладоновими установками забороняється розміщувати апарати і прилади з відкритим полум'ям або з нагрітими зовнішніми поверхнями, температура яких перевищує 350 °С. Двері приміщення повинні виходити назовні будівлі або в коридор (вестибюль), відокремлений дверима від інших приміщень і відкриватися у бік виходу.

При розміщенні холодильного устаткування забезпечують:

- зручність монтажу, обслуговування і ремонт його елементів;
- компактність розташування устаткування, що дозволяє скоротити площу для її установки і протяжність трубопроводів;
- можливість реконструкції і розширення без тривалої зупинки устаткування;
- дотримання вимог техніки безпеки і протипожежного захисту.

Для хладонових холодильних установок передбачають:

- ширину основного проходу не менше 1,2 м;
- ширину проходу між виступними частинами машин не менше 1 м.

Допускається установка апаратів біля перегородок без наявності проходів у випадку, якщо немає необхідності обслуговування апаратів з боку перегородки. Між ізольованими апаратами і перегородкою слід залишати відстань, необхідну для установки теплової ізоляції.

Всі посудини, що працюють під тиском, до їх пуску в роботу мають бути зареєстровані в органах Держтехнагляду і відповідати розробленим Правилам пристрою і безпечної експлуатації посудин, працюючих – технічному огляду

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(внутрішній огляд і гідравлічне випробування) до пуску в роботу, періодично і достроково.

Посудини, на які поширюються дії Правил, повинні піддаватися технічним оглядам: внутрішньому огляду і гідравлічним випробуванням (дня знов встановлених судин перед пуском в роботу), внутрішньому огляду в процесі експлуатації – не рідше за один раз в 2 роки, гідравлічним випробуванням один раз в 8 років.

На посудини, що знаходяться в експлуатації, наносять фарбою (або прикріплюють табличку) наступні дані: реєстраційний номер, дозволений тиск, дата (місяць і рік) наступного внутрішнього огляду і гідравлічного випробування.

Роботи по проведенню огляду відносять до особливо небезпечних, оскільки при розтині апарату перед внутрішнім оглядом може статися витік холодоагента, а при пневматичному випробуванні – розрив апарату. Перед проведенням огляду начальник цеху оформляє наряд-допуск, в якому вказує заходи безпеки, особу, відповідальну за виконання роботи, час і місце проведення робіт, особливі умови і термін дії наряду-допуску.

При пневматичних випробуваннях приймають наступні заходи безпеки:

- припиняють роботу холодильної установки;
- місце випробування захищають і вивішують попереджувальні написи;
- персонал віддаляється в безпечні місця;
- не допускають знаходження сторонніх осіб при випробуванні;
- двері і вікна в приміщенні, де випробовують апарат, відчиняють, приміщення перед випробуванням вентилують;
- не допускають різкого підвищення або зниження тиску в апараті;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- КІП, клапани і замкову арматуру виводять за межі приміщення і розміщують за захисним екраном.

Розрахунок і підбір запобіжного клапана.

Запобіжні клапани установок, що містять фреони, повинні мати відвідні труби для випуску холодоагента назовні. Установка замкових органів на відвідних трубах не допускається.

Пропускна спроможність запобіжного клапана вибирається так, щоб в посудині не міг створитися тиск, що перевищує робочий тиск на 15% (максимальний тиск в системі — тиск конденсації, $p_k = 1,95$ МПа).

Справність клапанів перевіряють не рідше за 1 раз в 6 міс. Після перевірки і регулювання клапани пломбують із складанням акту. Несправні запобіжні клапани негайно замінюють справними.

Мінімальна площа перетину запобіжного клапана:

$$F = \frac{G_p}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{сер} \cdot (P_1 - P_2)}} \text{ м}^2 \quad (10.1)$$

де G_p – масова витрата пари холодильного агента, кг/с; $G_p = 2,15$ кг/с;

$\mu = 0,75$ – коефіцієнт витрати пари для даної конструкції клапана (визначений виготівником клапана експериментально і записаний в паспорт клапана);

$\rho_{сер}$ – щільність середовища при тиску P_1 ; $\rho_{сер} = 105$ кг/м³;

P_1, P_2 – відповідно максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за клапаном, $P_1 = 1,95$ МПа; $P_2 = 0,1013$ МПа;

B – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості речовини при робочих параметрах:

$$B = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}} = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{1,15}{1,15+1} \cdot \left(\frac{2}{1,15+1}\right)^{\frac{1}{1,15-1}}} = 9,09 \quad (10.2)$$

k – показник адіабати, $k = 1,15$;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{2,15}{0,75 \cdot 0,909 \sqrt{2 \cdot 105(19,5 - 1,013) \cdot 10^5}} = 16,01 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Визначимо мінімальний діаметр прохідного перетину сідла клапана:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,01 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ м. (10.3)}$$

Електробезпека в приміщенні компресорного цеху.

Приміщення машинного відділення по мірі небезпеки поразки електричним струмом відноситься до групи приміщень без підвищеної небезпеки (сухі, з підлогами з струмонепровідних матеріалів, без струмопровідного пилу).

Згідно Правил пристрою електроустановок, електричне устаткування холодильної установки даного дипломного проекту відноситься до I групи (робоча напруга до 1000 В).

Найважливішим аспектом електробезпеки є хороше заземлення.

Заземлення в даному проекті штучні. Уземлюваний пристрій в установках розраховую так, щоб система заземлення мала опір менше 4 Ом. У цехових установках перевірка заземлення проводиться не рідше, ніж 1 раз на рік. Для розрахунку приймаємо контурне заземлення.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту:

$$P_{zp} = P_p \cdot \psi \text{ Ом/м (10.4)}$$

де p_p – питомий опір, Ом/м; $p_p = 30 \text{ Ом/м}$;

ψ – кліматичний коефіцієнт, $\psi = 1,3 \text{ Ом/м}$;

$$P_{zp} = 30 \cdot 1,3 = 39$$

Приймаємо у якості електродів сталеві вертикальні труби: діаметр стрижня $d = 0,04 \text{ м}$, довжина стрижня $l = 3 \text{ м}$, відстань між стрижнями $l' = 9 \text{ м}$.

Відстань від середини стрижня до рівня землі:

$$t = \frac{l}{2} + t_0 \text{ м (10.5)}$$

де t_0 – відстань від вершини стрижня до рівня землі, м; приймаємо $t_0 = 0,6 \text{ м}$;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t = \frac{3}{2} + 0,6 = 2,1 \text{ м.}$$

Розраховуємо опір одного вертикального уземлювача:

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{зп}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + \frac{l}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right] \text{ Ом. (10.6)}$$

$$R_0 = \frac{39}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,04} \right) + \frac{3}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3} \right) \right] = 12,69 \text{ Ом.}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

Підвищення стійкості супермаркету в умовах НС.

Під стійкістю роботи об'єкту народного господарства мається на увазі здатність об'єкту випускати встановлені види продукції в об'ємах і номенклатурах, передбачених відповідними планами (для об'єктів, що не виробляють матеріальні цінності, – транспорт, зв'язок, торгівельні центри та ін. – виконувати свої функції), в умовах НС, а також пристосованість цього об'єкту до відновлення в разі пошкодження.

Заходи щодо забезпечення стійкості роботи об'єкту перш за все мають бути направлені на захист робітників і службовців від наслідків НС; вони тісно пов'язані із заходами щодо підготовки і проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновних робіт в осередках ураження, оскільки без людських резервів і успішної ліквідації наслідків НС в осередках ураження проводити заходи щодо забезпечення стійкої роботи об'єктів народного господарства практично неможливо.

Сучасний типовий комплекс торгівельного центру складають будівлі і споруди, в яких розміщуються цехи обробки продуктів, технологічне устаткування; спорудження енергетичного господарства, системи енергопостачання; інженерні і паливні комунікації; технологічні установки, що стоять окремо; системи зв'язку і управління; складське господарство; різні приміщення адміністративного, побутового і господарського призначення.

Кожен об'єкт залежно від його особливостей і характеристик має свою специфіку. Проте об'єкти мають багато і загального: виробничий процес здійснюється, як правило, усередині будівель і споруд, самі будівлі в більшості випадків виконані з уніфікованих елементів, територія об'єкту насичена інженерними, комунальними і енергетичними лініями. Все це дає підставу вважати, що для всіх промислових об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні чинники, що впливають на підготовку об'єкту

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до роботи в умовах НС. До цих чинників відносяться: район розташування об'єкту; внутрішнє планування і забудова території об'єкту; системи енергопостачання; технологічний процес; виробничі зв'язки об'єкту; системи управління; підготовленість об'єкту до відновлення виробництва та ін.

Район розташування об'єкту.

Район розташування супермаркету вивчається по карті (планам). Проводиться аналіз топографічного розташування супермаркету: характер забудови території, що оточує об'єкт (структура, щільність, тип забудови); наявність на цій території підприємств, які можуть служити джерелами виникнення вторинних чинників поразки (гідровузли, об'єкти хімічної промисловості та ін.); природні умови прилеглої місцевості (лісові масиви – джерела можливих пожеж, рельєф місцевості); наявність доріг і так далі. Наприклад, для підприємств, розташованих по берегах річок, нижче за греблі, необхідно вивчити можливість затоплення, встановити максимальні рівні затоплення і час приходу хвилі прориву.

З'ясовуються метеорологічні умови району: кількість опадів, напрям пануючих середнього і приземних вітрів, а також характер ґрунту і глибина залягання підґрунтових вод.

Внутрішнє планування супермаркету.

При вивченні будівель і споруджень супермаркету дається характеристика будівлям торгівельного залу і допоміжних приміщень. Встановлюються основні особливості їх конструкції, вказуються технічні дані, необхідні для розрахунків уразливості до дії ударної хвилі, світлового випромінювання і можливих вторинних чинників поразки. А саме: конструкція, поверховість, довжина і висота, тип каркасу, стінне заповнення, світлові отвори, крівля, перекриття; оцінюється вогнестійкість будівлі. Вказується кількість робітників і службовців, що одночасно знаходяться в будівлі (найбільша працююча зміна), наявність вбудованих в будівлю і поблизу розташованих притулків.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При оцінюванні внутрішнього планування території об'єкту визначається вплив щільності і типа забудови на можливість виникнення і поширення пожеж, утворення завалів входів в притулках і проходів між будівлями. Особлива увага звертається на ділянки, де можуть виникнути вторинні чинники поразки. На території об'єкту такими джерелами є: ємності з легкозаймистими рідинами і сильнодіючими отруйними речовинами; склади вибухонебезпечних речовин і вибухонебезпечні технологічні установки; технологічні комунікації, руйнування яких може викликати пожежі, вибухи і загазованість ділянки; склади легкозаймистих матеріалів, аміачні установки та ін.

Системи енергопостачання.

Особлива увага приділяється дослідженню систем енергопостачання. Визначається залежність роботи об'єкту від зовнішніх джерел енергопостачання, характеризуються внутрішні джерела; підраховується необхідний мінімум електроенергії, газу, води, пари, стислого повітря і інших видів енергопостачання на військовий час. Досліджуються енергетичні мережі і комунікації: наземні, підземні, прокладені по естакадах, в траншеях, по ґрунту, по стінах будівель. Вивчається забезпеченість об'єкту автоматичними пристроями, що дозволяють при необхідності (сигнал «тривога», аварії і ін.) виробляти дистанційне відключення окремих ділянок або всієї системи даного вигляду енергопостачання.

При розгляданні системи водопостачання звертається увага на захист споруд і водоборів на підземних джерелах води від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (біологічного) зараження. Визначається надійність функціонування системи пожежогасіння, можливість перемикання систем водопостачання з дотриманням санітарних правил.

Особлива увага приділяється вивченню систем газопостачання, оскільки газ з джерела енергії може перетворитися на вельми агресивний вторинний приголомшуючий чинник. Перевіряється можливість автоматичного відключення подачі газу на об'єкт, в окремі цехи і ділянки виробництва, дотримання всіх

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимог (інструкцій, вказівок і ін.) по зберіганню і транспортуванню газу. Жорсткі вимоги пред'являються до надійності і безпеки функціонування систем і джерел постачання сильнодіючими отруйними речовинами, киснем, вибухонебезпечними і горючими речовинами.

Система управління.

Дослідження системи управління об'єктів виконується на основі вивчення стану пунктів управління і вузлів зв'язку, надійності системи управління виробництвом, надійності зв'язку із заміською зоною, розміщення сил, забезпечення керівництва виробничою діяльністю об'єкту у всіх підрозділах підприємства. Визначаються також джерела поповнення робочої сили, аналізуються можливості взаємозамінюваності керівного складу об'єкту. Особлива увага приділяється вивченню надійності системи сповіщення.

Підготовка об'єкту до відновлення.

Підготовка торгівельного центру до відновлення виробництва визначається на підставі вивчення характеру продукції, складності його устаткування, підготовленості персоналу до відновних робіт, запасів матеріалів, деталей і устаткування. Необхідно вивчити також можливості будівельних і ремонтних підрозділів підприємства, а також можливості обслуговуючих об'єкт будівельних і монтажних організацій. Слід розглянути будівельно-монтажну і проектну документацію для проведення відновних робіт і визначити способи її зберігання.

Готовність об'єкту відновити випуск продукції є важливим показником стійкості його роботи, що обумовлює необхідність завчасної підготовки.

Дані, отримані при аналізі вищеперелічених чинників, використовуються при визначенні фізичної стійкості елементів об'єкту, виявленні уразливих ділянок об'єкту і оцінці стійкості його роботи.

Шляхи і способи підвищення стійкості роботи об'єкту.

Підвищення стійкості роботи супермаркету буде, по суті, досягатися шляхом посилення найбільш слабких (уразливих) елементів і ділянок об'єкту.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього на кожному об'єкті завчасно на основі дослідження планується і проводиться великий об'єм робіт, що включає виконання організаційних і інженерно-технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних заходів.

Досягнення сучасної науки і техніки дозволяють здійснювати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до дії на нього навіть вельми значних надлишкових тисків. Проте це пов'язано з крупними витратами засобів і матеріалів, які можуть бути виправдані лише гострою необхідністю захисту унікальних, особливо важливих елементів об'єкту.

До вироблення заходів щодо підвищення стійкості треба підходити вельми обдуманно, всесторонньо оцінюючи їх технічну, господарську і економічну доцільність. Заходи будуть економічно обґрунтовані в тому випадку, якщо вони максимально пов'язані із завданнями, що вирішуються в звичайних умовах з метою забезпечення безаварійної роботи об'єкту, поліпшення умов праці, вдосконалення виробничого процесу. Прикладами таких рішень можуть служити: використання притулків для народногосподарських цілей і обслуговування населення; будівництво підземних ємностей для паливних, отруйних і агресивних рідин і газів і ін. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, оскільки в процесі проектування у багатьох випадках можна добитися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що понизить витрати на їх реалізацію. На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості їх роботи доцільно проводити в процесі реконструкції або виконанні інших ремонтно-будівельних робіт.

Основні заходи у вирішенні завдань підвищення стійкості роботи промислових об'єктів:

- захист робітників і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів і вдосконалення технологічного процесу;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів щодо зменшення вірогідності виникнення вторинних чинників поразки і шкоди від них;
- підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкту.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Подмазко О.С. Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184
2. Подмазко О.С. Діагностика та аналіз роботи холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ;
Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. —
3. Подмазко О.С. Конспект лекцій по холодильним установкам [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 59 с.
4. Подмазко О.С. Методичні вказівки та примірний розрахунок по курсовому та дипломному проектуванню з дисципліни "Холодильні машини і установки спеціального призначення" [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 34 с.
5. Подмазко О.С. Монтаж та ремонт холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНТУ, 2022.-52 с.
6. Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення [Електронний ресурс] : посібник до курсового проектування / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 21 с.
7. Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення : конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 99 с.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Подмазко О.С. Монтаж і ремонт холодильних установок. Несправності в роботі холодильної установки : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 35 с.
9. Подмазко О.С. Холодильні установки. Системи відводу теплоти конденсації : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 21 с.
10. <https://ua.arbicesourcemachine.com/info>

					КРБ.ХУКП.1.499-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		