

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



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Дослідження та розробка системи холодопостачання
розподільчого холодильника для волонтерського штабу
місткістю 1300 т. у м. Одеса

Здобувача Сьомкін Є.В.

2 курсу ХМ-161МН групи

Керівники д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

к.т.н., доц. Яковлева О.Ю.

Консультанти: д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

д.е.н, проф. Басюркіна Н.Й.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 31.05.2024 р. протокол № 12

Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Магістр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

«20» листопада 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сьомкін Євген Володимирович

1. Тема роботи Дослідження та розробка системи холодопостачання розподільчого холодильника для волонтерського штабу місткістю 1300 т. у м. Одеса

Затверджена наказом ОНТУ від 31.10.2022 р. наказ № 784-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи

Розподільчий холодильника місткістю 1300 т, у м. Одеса. Будівля холодильника одноповерхова, сітка колон кроком 6х6 м і висота 6 м. В якості будівельного матеріалу для зовнішніх і внутрішніх стін використана цегла. Матеріал ізоляції стін пінополістирол ПСБ-С. Застосовувані холодильні агенти –R 404a та аміак. Система холодопостачання – централізована з безпосереднім кипінням холодильного агента в приладах охолодження та примусовим рухом повітря. Температура в камері +8°C.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Реферат, Вступ, 1 Постанова завдань проєкту, 2 Вибір і розрахунок будівельно-ізоляційної конструкції камер, 3 Визначення теплового навантаження камер, 4 Тепловий розрахунок холодильної системи, 5 Розрахунок повітряного конденсатора, 6 Розрахунок повітроохолоджувача, 7 Підбір компресорів та допоміжного устаткування, 8 Розрахунок магістральних трубопроводів, 9 Впровадження системи утилізації теплоти форконденсації, 10 Економічний розділ, 11 Цивільний захист, 12 Охорона праці, Висновки, Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Презентація в PowerPoint

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Економічна розділ	д.е.н, проф. Басюркіна Н.Й.	10.05.2024	15.05.2024
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	17.05.2024	22.05.2024

7. Дата видачі завдання 20.11.2023 р.

Керівники _____ Хмельнюк М.Г.

_____ Яковлева О.Ю.

Завдання прийняв до виконання _____ Сьомкін Є.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	30.05-31.05.2024	виконано
2	Вступ	20.11-25.12.2023	виконано
3	Постановка завдань проекту,	05.01-15.01.2024	виконано
4	Вибір і розрахунок будівельно- ізоляційної конструкції камер	16.01-20.01.2024	виконано
5	Визначення теплового навантаження камер	21.01-10.02.2024	виконано
6	Тепловий розрахунок холодильної системи	11.02-20.02.2024	виконано
7	Розрахунок повітряного конденсатора	20.02-10.03.2024	виконано
8	Розрахунок повітроохолоджувача	10.03-21.03.2024	виконано
9	Підбір компресорів та допоміжного устаткування	24.03-30.03.2024	виконано
10	Розрахунок магістральних трубопроводів	31.03-10.04.2024	виконано
11	Впровадження системи утилізації теплоти форконденсації	16.04-08.05.2024	виконано
12	Економічний розділ	10.05-15.05.2024	виконано
13	Цивільний захист	15.05-17.05.2024	виконано
14	Охорона праці	17.05-22.05.2024	виконано
15	Висновки	22.05-23.05.2024	виконано
16	Список використаної літератури	24.05-25.05.2024	виконано
17	Підготовка презентації та доповіді	26.05-29.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник _____ Сьомкін Є.В.

Керівники роботи _____ Хмельнюк М.Г.

_____ Яковлева О.Ю.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Сьомкін Євген Володимирович

Реферат

Кваліфікаційна робота складається з: 121 сторінок тексту, 24 рисунків, 22 таблиць, 16 посилань на літературні джерела. В даній кваліфікаційній роботі проведено дослідження та розробку системи холодопостачання розподільчого холодильника для волонтерського штабу місткістю 1300 т. у м. Одеса, для зберігання тропічних фруктів.

В науково-дослідній роботі вирішено задачу розробки та дослідження холодильної установки для зберігання тропічних фруктів, що забезпечує зниження енерговитрат на 5 – 15 % за рахунок використання високоефективних природних робочих тіл. Виявлено та реалізовано енергопотенціал установки шляхом впровадження вищеописаних удосконалень та в підсумку енерго та ресурсозбереженням. В результаті дослідження:

1. Запропоновано замінити робочу речовину R22, на екологічно безпечне тіло таке як: R717, що повністю виключить згубний вплив на оточуюче середовище в виді парникового ефекту, або замінити R22 на більш безпечну речову R404a, що частково виключить вплив на оточуюче середовище в виді парникового ефекту, та повністю виключить руйнування озонowego шару.

2. Використання R404a як робочого тіла в холодильній установці може призвести до значного зниження холодильного коефіцієнта машини в порівнянні з аміачною системою в 1.7 разів.

3. Розроблено схемотехнічне рішення системи утилізації теплоти форконденсації холодильної установки для фруктосховища з пластинчатими форконденсаторами, що повністю задовольняє технічному завданню та знижує температуру конденсації в середньому на 5 градусів.

Дана робота була націлена на енерго та ресурсозбереження, оскільки перехід від хладону R22 до натурального робочого тіла R717 надає дуже чутливу економію. Також було розглянуто варіант без переходу на натуральні робочі тіла, а з переходом на хладон R404a, що також не знизило ефективність, а знизило згубний вплив на оточуюче середовище, оскільки коефіцієнт озоноруйнування дорівнює нулю, а глобального потепління на 15 % вище у даного хладону, ніж у R22.

Ключові слова: розподільчий холодильник – фрукти – хладон – аміак – утилізація тепла.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The qualification work consists of: 121 pages of text, 24 figures, 22 tables, 16 references to literature sources. In this qualification work, the research and development of a refrigeration system for a distribution refrigerator for a volunteer headquarters with a capacity of 1300 tonnes was carried out in Odesa city, for storage of tropical fruits.

The research work solved the problem of developing and studying a refrigeration unit for storing tropical fruits, which reduces energy consumption by 5-15% through the use of highly efficient natural working bodies. The energy potential of the plant was identified and realised by implementing the above improvements, resulting in energy and resource saving. As a result of the study:

1. It is proposed to replace the working substance R22 with an environmentally friendly substance such as: R717, which will completely eliminate the detrimental impact on the environment in the form of the greenhouse effect, or replace R22 with a safer substance R404a, which will partially eliminate the impact on the environment in the form of the greenhouse effect, and completely eliminate the destruction of the ozone layer.

2. The use of R404a as a working fluid in a refrigeration system can lead to a significant reduction in the refrigeration coefficient of the machine by 1.7 times compared to the ammonia system.

3. A circuit solution for the system of utilisation of heat from the condensation of a refrigeration unit for a fruit storage facility with plate condensers has been developed, which fully meets the technical task and reduces the condensation temperature by an average of 5 degrees.

This work was aimed at energy and resource saving, as the transition from R22 to natural R717 refrigerant provides very significant savings. Also, the option of switching to R404a refrigerant without switching to natural working fluids was considered, which also did not reduce efficiency, but reduced the harmful impact on the environment, since the ozone depletion factor is zero, and global warming is 15% higher for this refrigerant than for R22.

Keywords: distribution refrigerator – fruit – refrigerant – ammonia – heat recovery.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

стор.

Реферат	4
Вступ.....	7
1 Постановка завдань проєкту	12
2 Вибір і розрахунок будівельно-ізоляційної конструкції камер.....	20
3 Визначення теплового навантаження камер	25
4 Тепловий розрахунок холодильної системи.....	33
5 Розрахунок повітряного конденсатора	39
6 Розрахунок повітроохолоджувача.....	44
7 Підбір компресоров та допоміжного устаткування,.....	54
8 Розрахунок магістральних трубопроводів.....	57
9 Впровадження системи утилізації теплоти форконденсації.....	58
10 Економічний розділ.....	81
11 Цивільний захист.....	94
12 Охорона праці	101
Висновки.....	119
Список використаної літератури	120

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Дослідження та розробка системи холодопостачання розподільчого холодильника для волонтерського штабу місткістю 1300 т. у м. Одеса</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.		Сьомкін Є.В.						6	121	
Перевір.		Яковлева О.Ю.								
Реценз.										
Н. Контр.		Хмельнюк М.Г.				ОНТУ гр. ХМ-161МН				

Вступ

Розподільчі холодильники призначені для рівномірного забезпечення міст і промислових центрів продуктами харчування, виробництво яких має сезонний характер, протягом усього року. Розподільні холодильники характеризуються великою місткістю приміщень для зберігання продуктів.

Схеми безпосереднього охолодження є найбільш ефективною. Але є й певні труднощі, що виникають під час роботи холодильної установки. Схеми вузла подачі холодоагенту повинні забезпечити надійний захист від вологого ходу компресора, правильну роздачу рідкого холодоагенту по охолоджувальним приладам, підтримання температури в охолоджувальних об'єктах, можливість зручного та швидкого видалення оливи й забруднень із внутрішньої поверхні охолоджувальних приладів і ємнісних апаратів, а також видалення снігової шуби із зовнішньої поверхні охолоджувальних приладів.

Застосування насосно-циркуляційної схеми значно посилює циркуляцію рідини, що подається. Це збільшує ефект саморегулювання подачі і практично звільняє від необхідності втручатися в роздачу рідини по об'єктах, а також покращує тепловіддачу в охолоджувальних приладах.

Для реалізації проекту розподільчого холодильника необхідно виконати розрахунок і підбір холодильного обладнання, розробити принципову схему холодильної установки. Спроекувати машинне і насосне відділення, допоміжні приміщення, зовнішній майданчик.

Розвиток харчової індустрії, спрямована на надійне забезпечення країни продовольством, передбачає збільшення виробництва і підвищення якості сільськогосподарської продукції. При цьому роль забезпечення збереження продукції відводиться холодильній техніці, яка останнім часом розвивається швидкими темпами.

В даний час холодильна техніка знайшла широке застосування в харчовій і фармацевтичній промисловості, у торгівлі та машинобудуванні,

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при кондиціюванні повітря й спорудженні крижаних штучних ковзанок у будівництві та медицини. І цей перелік далеко не повний. Застосування холоду покращує технологію виробництва і якість багатьох продуктів, не кажучи вже про те, що в даний час зберігання продуктів, як короткострокове, так і тривалий без холоду практично не мислиться. Широке застосування холодильних установок в торгівлі покращує постачання споживачів високоякісними продуктами харчування, сприяє зниженню витрат обігу і підвищує культуру торгівлі.

Оскільки холодильна обробка є, до відомої межі, досить трудомістким процесом то вона вимагає комплексної механізації робіт і автоматизації виробничих процесів. Виконання даної задачі, в кінцевому підсумку, дозволить перейти до повністю автоматизованих холодильних установок і комплексно-механізованим холодильникам.

Розвиток холодильної промисловості у всьому світі нерозривно пов'язаний з розвитком усіх галузей науки і техніки. В останні роки розробляються і впроваджуються нові ізоляційні матеріали, будівельні конструкції, прилади автоматики. Удосконалюються схеми холодильних установок, що забезпечують стабільні температурні режими і полегшують обслуговування холодильних установок та їх автоматизацію. Все більш широке застосування в холодильній промисловості знаходять обчислювальна техніка та автоматичні системи управління.

Холодильники — це підприємства, в яких здійснюється охолодження, заморожування і зберігання продуктів у охолодженому або замороженому стані. Холодильники споруджують у вигляді окремих одноповерхових і багатоповерхових будівель. Будівлі холодильників мають у плані прямокутну, а іноді квадратну форму. У будівлях прямокутної форми ширший фронт вантажно-розвантажувальних робіт.

Оптимальне відношення ширини холодильника до його довжини — 1:2. Сітки колон можуть бути $6 \times 6,6 \times 12,6 \times 18$ і 6×24 м.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Багатоповерхові холодильники із залізобетонним каркасом мають пристінні колони і безбалочні міжповерхові перекриття з допустимим навантаженням на підлогу від 1 до 2 т/м². На одноповерхових холодильниках таке навантаження становить 4т/м². Будівництво одноповерхових холодильників має низку переваг перед багатоповерховими: коштує на 7-8 % дешевше, здійснюється вдвічі швидше, затрати металу і цементу на 8-10 % менші. Висота одноповерхових холодильників може бути до 7-7,5 м. На деяких сучасних одноповерхових холодильниках покрівля виконана у вигляді ванни з водою. Така конструкція покрівлі дозволяє затримувати до 90 % сонячного тепла, що знижує витрату холоду.

Оперативно-складські приміщення холодильника

До оперативно-складських приміщень холодильників відносять: експедиції для приймання і відпускання; камери для зберігання продуктів, що не потребують заморожування; камери для морожених продуктів; морозильні камери і дефростер; камеру для дефектних товарів; фасовочні; камери для зберігання фасованих товарів. Для приймання і відпускання вантажів слугують експедиції, залізничні й автомобільні платформи. Експедиції розміщують головним чином у центрі камер для зберігання товарів. На великих холодильниках улаштовують закриті залізничні і авторефрижераторні платформи (дебаркадери), які оснащують холодильним обладнанням і використовують для короткотермінового зберігання швидкопсувних продуктів і виконання операцій з приймання, сортування і відпускання товарів. Двері на холодильниках переважно стулчасті. Для створення термоізолюючого повітряного прошарку біля дверей холодильних камер роблять тамбури. У дверей камер і воріт дебаркадерів можуть улаштовуватись повітряні завіси, що створюються вентилятором з дифузором, які при відкриванні дверей автоматично включаються.

Основною частиною холодильника є холодильні камери - ізольовані приміщення без вікон, в яких встановлено охолоджувальне обладнання, що

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримує певний температурний режим. Камери також обладнані стелажми, вішалами, гаками, підвісними шляхами.

При плануванні приміщень основну увагу звертають на їх правильне розташування. Виробничі і підсобні приміщення повинні блокуватися для скорочення площі будівель; зниження вартості будівництва. Блокування повинно забезпечити поточність технологічних процесів і вантажних потоків, санітарно-гігієнічні умови і виконання протипожежних вимог. Дуже важливо при поверховому розміщенні врахувати температуру кожного з приміщень. У підвальних приміщеннях з підлогами, розміщеними на ґрунті, розташовують камери для зберігання охолоджених вантажів при температурі не нижче від 0°C.

На першому поверсі (за наявності підвалу) розміщують морозильні камери, приміщення для приймання, підготовки до зберігання і видачі продуктів, а також камери для зберігання дефектних вантажів. На другому, третьому та інших поверхах розташовують камери зберігання морожених вантажів.

Дефростер - це спеціальна камера холодильника, яка має опалення і підсилену циркуляцію повітря. У дефростері відбувається повільне розморожування м'яса, риби й отеплення деяких продуктів (яєць, фруктів, ягід тощо). При повільному розморожуванні м'ясо, риба краще зберігають свою первинну якість. Отеплення продуктів перед вивантаженням з холодильника запобігає їх поверхневому зволоженню, яке виникає за різкої зміни температури навколишнього повітря.

Карантинна камера для короткотермінового зберігання дефектних товарів розміщується ізольовано.

Приміщення для фасування товарів у багатоповерхових холодильниках можуть займати підвальний, перший і другий поверхи. До них примикають камери для зберігання фасованих товарів.

Адміністративно-побутові і підсобно-технічні приміщення розміщують в одній будівлі з оперативно-складськими. До оперативно-складських приміщень

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть примикати кімнати для експедиторів і товарознавців. У деяких холодильниках великої місткості (до 10 000 т) адміністративно-побутові приміщення розташовані в окремому корпусі.

Машинне відділення холодильника розміщують ближче до блоку охолоджувальних камер. Воно має тільки один вихід назовні з дверима, що відкриваються в бік виходу. Над приміщенням машинного відділення і холодильними камерами з безпосереднім випаровуванням аміаку, а також суміжних з ними приміщеннями не можна розташовувати кімнати, в яких перебувають люди.

Перехід із машинного відділення в допоміжні здійснюється через тамбур-шлюз, що має постійний підпір повітря і протипожежні двері, що без замків самозакриваються.

Зовнішній майданчик включає насосне відділення, над яким розміщені градирні.

У насосному відділенні розташовано три насоси, пов'язані колекторами. Стіни насосного відділення виконані з цегли. Градирні встановлені на металевій конструкції. Для постійного обслуговування градирень влаштовано майданчик з огорожами і двома сходами, піднятий на 3,3 метра над рівнем підлоги.

Флодоовочесховища бувають стаціонарного типу (склади-будівлі) і тимчасового (бурти і траншеї). Плоди зберігають тільки в стаціонарних спорудах. Сховища стаціонарного типу для овочів і плодів класифікують за спеціалізацією, місткістю, ступенем заглиблення в землю і наявністю огорожувальних пристроїв. До спеціалізованих складів відносять овочесховища і фруктосховища; до вузькоспеціалізованих — сховища для картоплі, капусти, цибулі тощо.

Спеціалізовані і вузькоспеціалізовані сховища можуть бути малої місткості - до 500 т, середньої місткості - від 500 до 2 тис. т, великої місткості - понад 2 тис. т. Великі плодоовочеві бази (на 40-80 тис. т), як правило, є універсальними і призначаються не тільки для зберігання картоплі, овочів, фруктів, а й для квасіння, соління овочів, маринування, фасування продуктів, виробництва різних плодоовочевих готових виробів.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Постановка завдань проекту

Мета і завдання дослідження є розробка проекту системи холодопостачання розподільчого холодильника для волонтерського штабу, який розташований у м. Одеса, орієнтовочною місткістю $G=1300$ т.

Об'єктом дослідження є холодильна установка з системою безпосереднього кипіння хладону R404a та холодильна установка з проміжним холодоносієм - крижаною водою, що отримується в агрегованих аміачних водоохолоджувачах (чиллерах).

Предметом дослідження: є режимні та енергетичні параметри холодильних установок та їх вплив на термодинамічні процеси і показники (холодопродуктивність, холодильний коефіцієнт) цих установок.

Для досягнення поставленої мети:

1. Розроблена математична модель розрахунку параметрів робочого тіла ХУ.
2. Проведено аналіз конкурентоспроможності аміачної системи в порівнянні з хладоною в цій галузі.
3. Проаналізовані різні системи повітророзподілення, які можуть бути використані в камерах схову тропічних фруктів.

На прикладі цього проекту буде проведено порівняльний аналіз холодильної установки з системою безпосереднього кипіння хладону R 404a з холодильною установкою з проміжним холодоносієм - крижаною водою, що отримується в агрегованих аміачних водоохолоджувачах (чиллерах). Метою аналізу є доказ конкурентоспроможності аміачної системи в порівнянні з фреоною в цій галузі.

Хладонова холодильна установка, встановлена на великих споживачах холоду, має ряд недоліків :

- підвищене енергоспоживання компресорів, в порівнянні з роботою на аміаку;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- відносно висока ціна холодагенту і використовуваної синтетичного мастила;
- велика вірогідність витоків агента, у зв'язку з розгалуженою системою трубопроводів і кількості випарників;
- проблеми з дозаправкою системи у разі використання сумішевих холодильних агентів;
- замащення приладів охолодження і як наслідок погіршення їх роботи з часом;
- більш висока ціна повітроохолоджувачів, що мають систему розподілу агента типу «павук»;
- нижча міра екологічної чистоти в порівнянні з системою аміак-вода;
- при роботі з повітроохолоджувачами складніше підтримувати постійну температуру в камерах, в порівнянні з системою з проміжним хладоносителем.

Перевагами фреонової системи в порівнянні з аміачною є значно нижчі вимоги до безпечної роботи установки і пожаробезопасности, а також професійної підготовки робочого персоналу.

Вирішенням проблеми з безпечною кількістю аміаку в системі являється використання агрегованих водоохолоджувачів з дозованою заправкою аміаку до 100 кг. Мінімізація кількості агента в системі досягається використанням пластинчатих випарників і конденсаторів, а також високою мірою автоматизації установки.

Капітальні вкладення на аміачну систему з проміжним хладоносителем будуть вищі, ніж на систему з безпосереднім кипінням фреону. В першу чергу це пов'язано з високою ціною пластинчатих теплообмінників. Але аміачна система питомо споживатиме менше електроенергії, що приведе до економії на експлуатаційних витратах. Визначивши різницю в капітальних і експлуатаційних витратах можна визначити порівняльний термін окупності.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім цього, в роботі буде проаналізовані різні системи воздухораспределения, які можуть бути використані в камерах схову тропічних фруктів.

Технологія зберігання тропічних плодів.

Обмін речовин з навколишнім середовищем у плодів супроводжується рядом біохімічних і фізіологічних процесів. З них найбільш важливими є дихання і випаровування вологи. В процесі дихання відбувається розпад вуглеводів, органічних кислот і інших органічних речовин, що супроводжується поглинанням кисню, виділенням вуглекислого газу, води і тепло і зменшенням ваги плодів. В результаті звільняється енергія, необхідна рослинним організмам для виконання їх життєвих функцій. Унаслідок поглинання кисню і виділення вуглекислого газу змінюється склад зовнішнього середовища. Інтенсивність дихання різна для різних видів плодів і може служити біологічним показником, вказуючим на придатність їх для тривалого зберігання. Із збільшенням інтенсивності дихання терміни зберігання зменшуються. При підвищенні температури навколишнього середовища дихання плодів посилюється. На посилення активності також сильно впливають і коливання температури при зберіганні, тому підтримка постійної температури в камері, за інших рівних умов, забезпечує мінімальні втрати ваги і якості продукту. Також підтримці постійної температури і вологості повітря в камері сприяє його циркуляція в приміщенні.

Хвороби і погіршення товарного виду.

Фрукти схильні до наступних хвороб і фізичних ушкоджень. Підтримка відповідної температури і вологості при зберіганні і акуратне звернення знижують процес старіння і розвиток хвороб.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Anthracnose(Gloeosporium). Дрібні чорні плями на стеблі з перезрілими фруктами. У вологій атмосфері центри цих плям у великій кількості покривають рожеві спори. Потемніння шкірки може поширюватися від стебла на увесь плід.

Попередження хвороби : Захищайте фрукти від механічних ушкоджень. Можливість ушкодження фруктів зменшується, якщо вони укладаються в гофровані ящики. Плануйте дозрівання фруктів так, щоб вони були доставлені на ринок і продані до того, як з'являться симптоми хвороби.

Чорна пліснява (Ceratocystis). Передається через порізи в корі по волокнисто-судинній системі рослини. Прогресує у верхівкових і живцевих кінцях плодів. Утворює коричнево-чорні плями на шкірці на кінцях плодів. Коли фрукти дозрівають, їх шкірка стає сірувато-чорною і водянистою. М'якуш вражається рідко.

Попередження хвороби : Перед затаюванням умочіть або окропіть свіжозрізані кінці або грона плодів протигрибковим складом (фунгіцидом). Уникайте механічних ушкоджень і підтримуйте дотримання санітарних норм від місць зростання до місць визрівання.

Псування від переохолодження. Тьмяно-сірий колір шкірки, що переходить в темно-сірий в місцях переохолодження. Сік в зелені фрукти поступає погано і виглядає рідким. М'якуш під шкіркою поцяткований коричневими прожилками. Стиглі банани сприйнятливіші до ушкодження, чим зелені фрукти.

Грибкова пліснява (Several Fungi). Велика м'яка пліснява на фруктах, що впали, роздавлених або зламаних. Вражає шкірку і м'якуш, колір від коричневого до чорного. Поверхня покривається пліснявою при високій вологості.

Зміна температури усього лише на декілька градусів значно змінить швидкість дозрівання фруктів. Температура фруктів при дозріванні має бути однакової за усім обсягом камери, тому усередині завантаження повинні постійно циркулювати порівняно великі об'ємні витрати повітря. Для цього

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються відцентрові вентилятори. Вони встановлюються так, щоб створювати натиск в нижньому горизонтальному ярусі, і щоб верхні ящики не переохолоджувалися зважаючи на близькість холодильної установки. Вентилятори повинні створювати статичний натиск близько 150 Па. Оскільки фрукти виділяють тепло дихання, воно повинне постійно відводитися із завантаження, навіть якщо остання знаходиться при постійній температурі. Таким чином, нерівномірність температур за об'ємом завантаження - явище неминуче, причому чим далі по потоку повітря будуть розташовані фрукти, тим тепліше вони будуть. Установка кондиціонерів у ближньому перерізі камери переносить зону нагнітання в її задню сторону. Це призводить до того, що стигліші фрукти опиняються біля дверей і вивантажуються в першу чергу. Для поліпшення циркуляції повітря по усій ширині задньої стінки камери встановлюються дефлектори з листового металу (чи іншого відповідного матеріалу), що розгортають потік повітря на 90°. Дефлектори зменшують турбулентність потоку і направляють повітря вниз для проходження через завантаження.

Розрахунок необхідної витрати повітря.

Регулювання температури.

Під час процесу обробки фруктів температура повітря в камері дозрівання часто міняється, тому в камерах встановлюють дистанційні терморегулятори, в основному, капсульного типу. Капсули, що реагують на нагрів і охолодження, встановлюються усередині камери дозрівання в поворотному потоці повітря. Терморегулюючі пристрої встановлюються зовні камери дозрівання і мають діапазон регулювання від 7 до 21°Із з точністю 0,5 До і приростом 1 До. Терморегулятори краще всього встановлювати на панелі управління, що має селекторний перемикач, що забезпечує нагрів або охолодження при постійно працюючих вентиляторах.

Автоматичні регулятори температури встановлюються у багатьох установках останнього випуску. Фрукти постійно виділяють тепло, і швидкість виділення тепла значно змінюється впродовж циклу дозрівання.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Субтропічні фрукти

Авокадо

Авокадо, що культивуються в Каліфорнії, не ростуть у Флориді, і навпаки. У загальному випадку авокадо Флориди більше розміром, чим каліфорнійські. Плоди сорту Fuerte в Каліфорнії складають 75% урожаю і вживаються з жовтня по березень. Сорт Hass (чорношкірий) вживається з квітня по вересень. Сорти Флориди, в порядку зростання - це Booth 8, Lula, Waldin і Booth 7. Waldin з'являється на ринку в серпні, потім Booth 8 у вересні, Booth 7 і Lula з жовтня по лютий.

Найкраща температура зберігання таких холодостійких сортів Флориди авокадо, як Booth 8 і Lula, складає 4,5 °С. Деякі сорти, такі як Fuerte, краще всього зберігаються при температурі 7 °С. Холодостійкі сорти можуть зберігатися по місяцю і більше, зберігання сортів, що погано переносять холод, обмежене двома тижнями зважаючи на їх схильність до обмороження і розм'якшення. Оптимальна температура дозрівання для авокадо складає 15 °З, але також підходить і температура від 13-ти до 24-х °С. Температури понад 26 °З часто призводять до появи неприємного запаху, знебарвлення шкірки, перезрілості і появи плісняви.

Хвороби, що виникають при зберіганні.

Anthracnose (*Colletotrichum*). Розкидані по поверхні плоду чорні плями, покриті щільною гнилою тканиною, яка легко віддаляється. У вологих умовах на плямах утворюються численні рожеві спори. Необхідно зберігати шкіру плодів від змитій і ушкоджень.

Переохолодження. Характерно появою поглиблень в шкірці плоду, що набули коричневого або чорного кольору, фарбуванням шкірки в коричневий колір, що часто супроводжується, і появою світлих димчастих смужок в м'якуші плоду, що розвиваються незалежно один від одного.

Манго

Найбільш поширені ранні сорти, Tommy Atkins і Irwin, дозрівають впродовж червня і липня, за ними йдуть середньостиглі сорти, такі як Kent і

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Palmer, які дозрівають в липні і серпні. Найбільш поширений сорт у Флориді - це пізньостиглий крупноплодовий Keitt, який дозріває в серпні і вересні.

Оптимальна температура зберігання манго складає 12-13 °З і термін зберігання 2-3 тижні, хоча деякі сорти можна зберігати при температурі 10 °З, але коротший час. Манго страждає від переохолодження при температурі нижче 10 °С. Оптимальна температура для дозрівання плодів манго складає 21-24 °З, але за певних умов вони можуть дозріти при температурі 15-18 °С. При температурі 15-18 °З фрукти набули яскравого і найпривабливішого кольору шкірки, але запах їх зазвичай стає терпким, і потрібно 2-3 дні витримки при температурі 21-24 °З, щоб вони придбали солодкий аромат. Манго, дозрілі при температурі 27 °З і вище, часто мають сильний запах і строкату шкірку.

Хвороби, що виникають при зберіганні

Anthracnose (Colletotrichium). Чорні плями, розкидані по поверхні шкіри дозріваючих фруктів. У вологих умовах на поверхні плям розвиваються рожеві спори. Хвороба лікується на дереві регулярним обприскуванням фруктів і промиванням в гарячій воді (при температурі 55 °З впродовж 450 сек) після збору урожаю.

Переохолодження призводить до появи поглиблень на шкірі, що іноді набули сірого кольору. Переохоложені фрукти зазвичай повністю не дозрівають. Для запобігання переохолодженню зберігаєте фрукти при відповідній температурі.

Ананаси

Свіжі ананаси можна отримувати впродовж усього року, але найбільша їх кількість дозріває з березня по червень. У Сполучених Штатах найбільш поширені тільки три сорти ананасів : Smooth Cayenne з Гаваїв, Red Spanish і Smooth Cayenne з Пуерто-Ріко. Ананаси, прибрані на стадії напівзрілості, можуть зберігатися впродовж двох тижнів при температурі 7-13 °З і протягом тижня під час продажу. Постійна підтримка заданої температури зберігання

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

також важлива, як і сама температура зберігання. Стиглі фрукти повинні зберігатися при температурі 7-8 °С.

Прибирання ананасів, що знаходяться на стадії зеленого дозрівання, не рекомендується, т. до. деякі плоди можуть бути такими незрілими, що вони взагалі не зможуть достигти. Фрукти, зібрані на стадії зеленого дозрівання, особливо чутливі до переохолодження при температурі нижче 10 °С.

Хвороби, що виникають при зберіганні.

Чорна пліснява (Ceratocystis). Уражені тканини розбухають, пом'якшуються і стають рідкими, їх колір змінюється від нормального до чорного. Для запобігання хворобі обробляйте свіжозрізані живці бензоловою кислотою і порошком тальку (benzoic acid - talk dust), оберігайте плоди від ушкоджень і охолоджуйте їх до температури 10 °С.

Коричнева пліснява (Penicillium; Fusarium). Щільна пліснява коричневого кольору, що зароджується на очах або в тріщинах, проявляється, в основному, на перезрілих фруктах. Для запобігання хворобі забезпечуйте хороші умови росту рослин і знімайте плоди до того, як урожай дозріє.

Переохолодження. Проявляється через тьмянний колір і призводить до насичення м'якуша ананаса водою і потемнінню серцевини. Для запобігання хворобі дотримуйтеся рекомендованих температур зберігання.

При зберіганні плодів на сучасних холодильниках картонну або дерев'яну тару з плодами укладають на стоїчних палетах в 4-7 рядів у висоту. Потім палети встановлюються одна на одну, утворюючи штабель.

Штабелі компонуються на площі підлоги камери відповідно до проектного рішення так, щоб залишалися проходи для контролю стану плодів, проїзди для проведення навантажувально-розвантажувальних робіт і забезпечувалася циркуляція повітря в камері, згідно системі повітрярозподілу.

Проаналізувавши вищесказане, приймаємо температуру в камерах при зберіганні тропічних плодів +8°С, відносну вологість 90%.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Вибір і розрахунок будівельно-ізоляційної конструкції камер

2.1 Розрахунок будівельної площі камер схову фруктів

Дані для розрахунку:

Фруктосховище для зберігання тропічних фруктів ($t_k=8\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_k=0.9$), розташоване в Одеській області ($t_n=32\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_n=0.55$), орієнтовною місткістю $G=1300\text{ т}$.

Приймаємо норму завантаження для зберігання фруктів в дерев'яних ящиках $g_w=0.35\text{ т/м}^3$. Тоді вантажний об'єм складе:

$$V_{гр}=G/g_w=1300/0.35=3714\text{ м}^3$$

При розрахунку вантажної площі камер приймаємо, що висота штабелю вантажу, укладеного в ящикних піддонах складає $h_{гр}=4\text{ м}$ при будівельній висоті $h_{стр}=5\text{ м}$ (відповідно до даними по типових проектах і обліком навантажувально-розвантажувальних робіт). Тоді вантажна площа камери:

$$F_{гр}=V_{гр}/h_{гр}=3714/4=930\text{ м}^2.$$

Приймаємо коефіцієнт використання будівельної площі для камер схову фруктів $\beta_F=0.8$, тоді будівельна площа камери:

$$F_{стр}=F_{гр}/\beta_F=930/0.75=1283\text{ м}^2.$$

За необхідною площею вибираємо 8 камер $18\times 12\text{ м}$.

Тоді ємкість однієї камери:

$$E=18\cdot 12\cdot 0.75\cdot 4\cdot 0.35=227\text{ т}$$

Сумарна місткість холодильника $G=8\cdot 227=1800\text{ тонн}$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

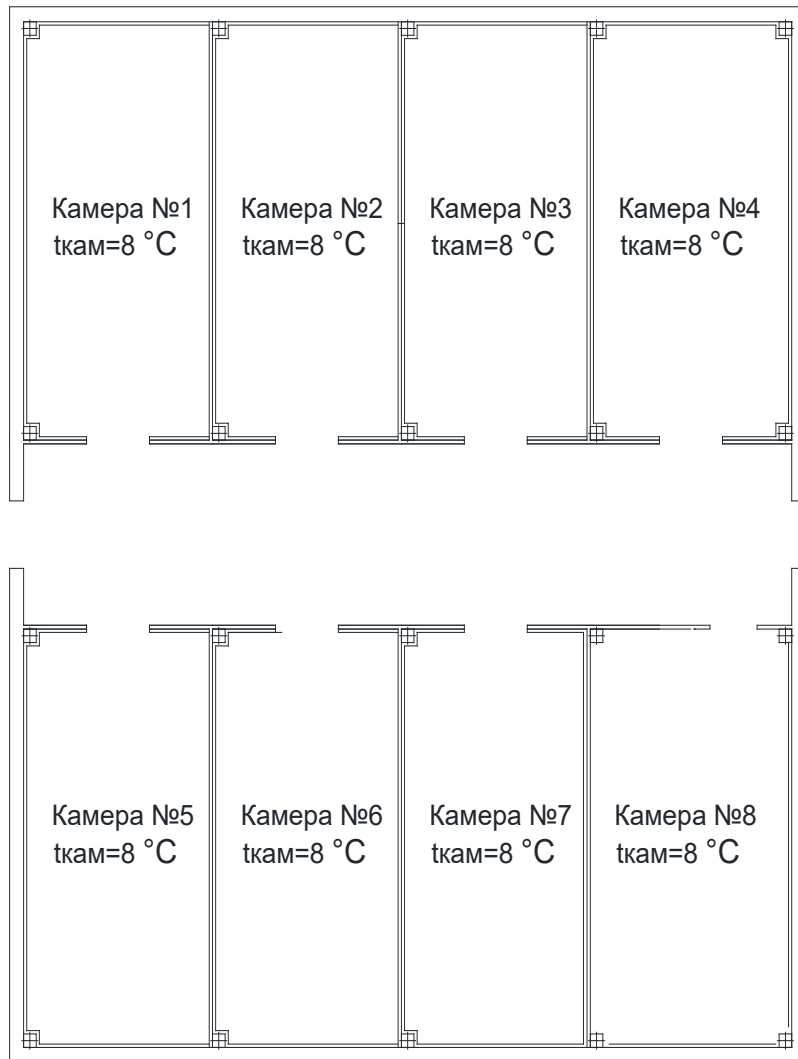


рис.2.1 – Схема розташування камер холодильника

2.2 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорож

Нормативні коефіцієнти теплопередачі огорож камер схову визначаємо по емпіричних залежностях [3].

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін:

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+t_k)} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (2.1)$$

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+8)} = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Коефіцієнт теплопередачі стелі з горищем:

$$K_{чп} = 1.05 K_{нс} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (2.2)$$

$$K_{чп} = 1.05 \cdot 0.4 = 0.42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін і перегородок:

$$K_{вс} = 1.18 K_{нс} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})] \quad (2.3)$$

$$K_{вс} = 1.18 \cdot 0.4 = 0.47 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] \cdot \lambda_{из} \quad [\text{м}] \quad (2.4)$$

де K – відповідний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

α_n, α_k – розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі із зовнішньої і внутрішньої сторін огорожі $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

δ_i и λ_i – товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару;

$\lambda_{из}$ – розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності вибраного ізоляційного матеріалу огорожі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі для зовнішніх стін.

Таблиця 2.1 – Конструкція зовнішніх стін

Найменування і матеріал шару	δ , м	λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1. Штукатурка складним розчином по металевій стінці	0.02	0.98
2. Теплоізоляція з ПСБ-С	?	0.05
3. Пароізоляція – два шару гідроізола на бітумній основі	0.004	0.3

4. Штукатурка цементно-піщана	0.02	0.93
5. Кладка цегляна на цементному розчині	0.38	0.81
6. Штукатурка складним розчином	0.02	0.93

Приймаємо для відповідних умов $\alpha_n=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, для камер з примусовою циркуляцією $\alpha_k=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, $k_{нс}=0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из}=(1/0.43-(1/23+0.02/0.98+0.004/0.3+0.38/0.81+0.02/0.93+1/9))\cdot 0.05=$$

$$=0.08 \text{ м, приймаємо } \delta_{из}=0.1 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{нс}'=1/(1/23+1/9+(0.02+0.013+0.022+0.469+0.22+0.1/0.05))=$$

$$=0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Товщина зовнішньої стінки: $\delta=0.544 \text{ м.}$

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі для стелі.

Таблиця 2.2 – Конструкція стелі

Найменування і матеріал шару	δ , м	λ , Вт/м·К
1. 5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0.012	0.3
2. Стягування з бетону по металевій сітці	0.04	1.86
3. Пароізоляція (шар пергаміну)	0.001	0.15
4. Плиткова теплоізоляція – ПСБ-С	?	0.05
5. Залізобетонна плита покриття	0.035	2.04

Приймаємо для відповідних умов $\alpha_n=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, для камер з примусовою циркуляцією $\alpha_k=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, $k_{чп}=0.42 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{\text{из}} = (1/0.42 - (1/23 + 0.012/0.3 + 0.04/1.86 + 0.001/0.15 + 0.035/2.04 + 1/9)) \cdot 0.05 = 0.099 \text{ м, приймаємо } \delta_{\text{из}} = 0.1 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{\text{ст}} = 1 / (1/23 + 1/9 + (0.079 + 0.1/0.05)) = 0.42 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Товщина стелі: $\delta = 0.188 \text{ м.}$

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі для зовнішніх стін.

Таблиця 2.3 – Конструкція внутрішніх стін

Найменування і матеріал шару	δ , м	λ , Вт/м·К
1. Залізобетон плита	0.08	1.86
2. Пароізоляція - два шару гідроізола на бітумній основі	0.004	0.3
3. Теплоізоляційна плита ПСБ-С	?	0.05
4. Штукатурка складним розчином	0.02	0.98

Приймаємо для відповідних умов $\alpha_{\text{н}} = 8 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ для коридору, для камер з примусовою циркуляцією $\alpha_{\text{к}} = 9 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, $k_{\text{н}} = 0.47 \text{ Вт/м}^2\text{·К}$.

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{\text{из}} = (1/0.47 - (1/9 + 0.08/1.86 + 0.004/0.3 + 0.02/0.98 + 1/8)) \cdot 0.05 = 0.08 \text{ м, приймаємо } \delta_{\text{из}} = 0.1 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{0 \text{ д}} = 1 / (1/8 + 0.08/1.86 + 0.004/0.3 + 0.02/0.98 + 0.1/0.05 + 1/9) = 0.43 \text{ Вт/м}^2\text{·К}.$$

Товщина внутрішньої стінки: $\delta = 0.204 \text{ м.}$

3 Визначення теплового навантаження камер

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування:

$$Q_0=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5, \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Q_1 – теплопритоки через огорожі;

Q_2 – теплопритоки від холодильної обробки вантажів;

Q_3 – теплопритоки, пов'язані з вентиляцією приміщень;

Q_4 – експлуатаційні теплопритоки;

Q_5 – теплопритоки від дихання охолоджених плодів.

3.1 Розрахунок теплоприпливів скрізь огорожі.

Відповідно до схеми розташування камер (рис.2.1) розрахунок теплоприпливів скрізь огорожі ведемо по камерах №5 і №6, у решті камер теплоприпливи аналогічні, в межах погрішності розрахунку.

Теплоприплив скрізь огорожу визначається по формулі:

$$Q_1 =kF(\Delta t+\Delta t_c), \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де k – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²К);

F – площа огорожі, м²;

Δt – різниця між зовнішньою і внутрішньою температурою;

Δt_c – різниця температур від дії сонячного випромінювання.

$$\Delta t_c=p \cdot (q_c \cdot \varepsilon_c / \alpha_n) \quad (3.3)$$

где p – коеф. проникнення, залежить від масивності огорожі;

q_c – розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду, Вт/м²;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ε_c – коеф. поглинання сол. випромінювання поверхнею огорожі;

α_n – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні в навколишнє середовище, Вт/(м²К).

Підбираємо коефіцієнти $\varepsilon=0.4$ (стіни покриті світлою штукатуркою), $\varepsilon=0.65$ (крівля покрита оцинкованим залізом), $\rho=0.75$ (масивна конструкція), для західної стіни $q_c=461$ Вт/м², для південної стіни $q_c=384$ Вт/м², для даху $q_c=789$ Вт/м², $\alpha=23$ Вт/(м²К).

Для західної стіни $\Delta t_c=0.75 \cdot 461 \cdot 0.4/23=6$ °С

Для південної стіни $\Delta t_c=0.75 \cdot 384 \cdot 0.4/23=5$ °С

Для кривлі $\Delta t_c=0.75 \cdot 789 \cdot 0.65/23=16.7$ °С

Підлога не обігрівається, тому визначення теплопритоків через ґрунт ведеться позонно:

$$Q_{II} = (t_n - t_k) \sum_{i=1}^4 (k_{yc})_i F_i \quad [\text{Вт}] \quad (3.4)$$

де F_i – площі відповідних зон, м²;

k_{yc} – коефіцієнт теплопередачі відповідної зони, Вт/(м²К);

Розрахунок ведемо для площ тих, що потрапили у відповідну зону. Для обліку компенсації збільшення щільності теплового потоку площу першої зони збільшуємо на 4 м² (один угол). Умовні коефіцієнти теплопередачі по зонах приймаємо 0.48;0.24;0.12;0.07 Вт/(м²·К) відповідно до довідкових даних.

Таблиця 3.1 – Розрахунок підлоги по зонах

	1-я зона, F ₁ , м ²	2-я зона, F ₁ , м ²	3-я зона, F ₁ , м ²	4-я зона, F ₁ , м ²	$\sum_{i=1}^4 (k_{yc})_i F_i$, Вт/К
Камера №5	58	48	40	72	49.2
Камера №6	24	24	24	120	28.6

Теплопритоки через підлогу, що не обігривається:

$$Q_{п1}=(32-2) \cdot (0.48 \cdot 58+0.24 \cdot 48+0.12 \cdot 40+0.07 \cdot 72)=1476 \text{ Вт.}$$

$$Q_{п2}=(32-2) \cdot (0.48 \cdot 24+0.24 \cdot 24+0.12 \cdot 24+0.07 \cdot 120)=857 \text{ Вт.}$$

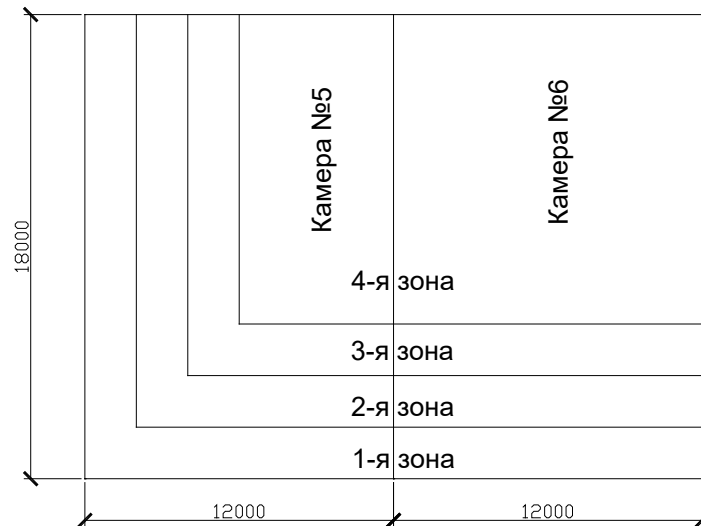


рис.3.1 - Схема позонного ділення камер по площах

Таблиця 3.2 – Теплоприпливи скрізь огорожі

	К, Вт/(м²К)	F, м²	tk, °C	tn, °C	Δtc, °C	Q1, Вт
Кам. №5						
Север	0,34	78,8	8	18	0	428
Запад	0,43	114,6	8	32	6	1774
Юг	0,43	78,8	8	32	0	1017
Восток	0,34	114,6	8	2	0	0
Пол	Кусл	216	8	32	0	1476
Потолок	0,42	216	8	32	16,70	4237
Сумарні теплопритоки по камері №5, ΣQ1, Вт						8932
Кам. №6						
Север	0,34	76,4	8	18	0	415
Запад	0,34	114,6	8	2	0	0
Юг	0,43	76,4	8	32	5	1150
Восток	0,34	114,6	8	2	0	0
Пол	Кусл	216	8	32	0	857
Потолок	0,42	216	8	32	16,70	4237
Сумарні теплопритоки по камері №6, ΣQ1, Вт						6659

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6

Арк.

27

Решта теплоприпливів в камери відрізняються трохи, тому ведемо їх по одній кутовій камері, все устаткування підбираємо по максимальних сумарним теплоприпливім.

3.2 Розрахунок теплоприпливів від вантажів при їх холодильній обробці

Зберігання яблук відбувається в дерев'яних закритих ґратчастих ящиках 622*396*168 (маса тари 3 кг, ємкість 15 кг). Ящики укладаються на плоскі дерев'яні піддони 800*1200*150 (маса 20 кг), утворюючи пакети 1268*800*1326 (28 ящиків в пакеті).

При зберіганні фрукти приходять з рефрижераторів з температурою 8 °С по 10% від загального завантаження камери в добу.

Теплоприпливи від холодильної обробки вантажу розраховують по формулі:

$$Q_2 = Q_{2гр} + Q_{2тары} \quad [Вт], \quad (3.5)$$

де для камери схову $Q_{2гр}$ – теплоприпливи від добового надходження фруктів, Вт.

$$Q_{2гр} = 0.1 \cdot E \cdot (h_1 - h_2) \quad [Вт], \quad (3.6)$$

де h_1, h_2 – ентальпія фруктів при температурі рефрижератора і камери схову, відповідно, кДж/кг.

$$Q_{2гр} = 0.1 \cdot 378000 \cdot (302 - 279) / (3.6 \cdot 24) = 5750 \text{ Вт.}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоприпливи від тари, що поступає з вантажем, визначаються по формулі:

$$Q_{2\text{тари}}=0.1 \cdot G_T \cdot C_T \cdot (t_1-t_2) \quad [\text{Вт}], \quad (3.7)$$

де C_T – теплоємність тари, кДж/(кг·К);

G_T – маса тари, кг, приймаємо в кількості 10% від маси вантажу;

t_1, t_2 – температура тари в рефрижераторі і камері схову, відповідно, °С.

$$Q_{2\text{тари}}=0.2 \cdot 0.1 \cdot 378000 \cdot 2.5 \cdot (14-8)/(3.6 \cdot 24)=1312 \text{ Вт.}$$

Загальний теплоприплив від обробки вантажу:

$$Q_2=5750 + 1312=7062 \text{ Вт}$$

3.3. Розрахунок теплоприпливів при вентиляції камери.

При вентиляції камери існують теплоприпливи від зовнішнього повітря, що поступає:

$$Q_3=V_{\text{стр}} \cdot a \cdot \rho_K \cdot (h_n-h_k) \quad [\text{Вт}], \quad (3.8)$$

де $V_{\text{стр}}$ – будівельний об'єм камери, м³, $V_{\text{стр}}=12 \cdot 18 \cdot 6=1296 \text{ м}^3$;

a – кратність повітрообміну в добу, приймаємо $a=3$;

ρ_K – щільність повітря при температурі і відносній вологості камери, кг/м³, $\rho_K=1.016 \text{ кг/м}^3$;

h_n, h_k – ентальпії повітря при температурі зовнішньою і камери, кДж/кг, $h_n=74 \text{ кДж/кг}$, $h_k=12 \text{ кДж/кг}$.

$$Q_3=1296 \cdot 3 \cdot 1.016 \cdot (74-12)/(3.6 \cdot 24)=2835 \text{ Вт.}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4. Розрахунок експлуатаційних теплопритоков

$$Q_4 = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4'''' \quad [\text{Вт}], \quad (3.10)$$

де Q_4' - теплоприпливи від ел. освітлення, Вт;

Q_4'' - теплоприпливи від електродвигунів, Вт;

Q_4''' - теплоприпливи від працюючих людей, Вт;

Q_4'''' - теплоприпливи при відкритті дверей, Вт.

Теплоприплив від електричного освітлення.

$$Q_4' = q_4' \cdot j_{\text{св}} \cdot F_{\text{стр}} \quad [\text{Вт}], \quad (3.11)$$

де q_4' – норма щільності освітлення, приймаємо 3 Вт/м²;

$j_{\text{св}}$ – коефіцієнт одночасності роботи світильників, приймаємо $j_{\text{св}}=0,33$

$$Q_4' = 3 \cdot 0,33 \cdot 216 = 213 \text{ Вт}$$

Теплоприплив від електродвигунів повітроохолоджувачів.

$$Q_4'' = j_{\text{дв}} \cdot \sum N_{\text{дв}} \quad [\text{Вт}], \quad (3.12)$$

де $j_{\text{дв}}$ – коефіцієнт одночасності роботи, приймаємо $j_{\text{дв}}=0,3$

$\sum N_{\text{дв}}$ – розрахункова потужність ел.дв., Вт.

Орієнтованно $\sum N_{\text{дв}}$ можна розрахувати як:

$$\sum N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot m \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3), \text{ Вт} \quad (3.13)$$

де m – коефіцієнт відношення потужності електродвигуна до його холодопродуктивності, приймаємо $m=0,07$.

$$\sum N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot 0,07 \cdot (8932 + 7062 + 2835) = 1582 \text{ Вт.}$$

$$Q_4'' = 0,3 \cdot 1582 = 475 \text{ Вт}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоприпливи від працюючих людей.

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot t_k) \cdot n \text{ [Вт]}, \quad (3.14)$$

де n – кількість людей, що працюють в камері, приймаємо $n=3$.

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot 8) \cdot 3 = 774 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки від інфільтрації через двері.

$$Q_4'''' = B \cdot F_{\text{стр}} \text{ [Вт]}, \quad (3.15)$$

де B – витрати холоду при відкритті дверей Вт/м^2 , приймаємо для камер площею 216 м^2 и будівельною висотою 6.6 м – $B=7 \text{ Вт/м}^2$.

$$Q_4'''' = 7 \cdot 216 = 1512 \text{ Вт.}$$

Таким чином, сумарні експлуатаційні теплопритоки:

$$Q_4 = 213 + 475 + 774 + 1512 = 2974 \text{ Вт};$$

Теплоприпливи від дихання охолоджених плодів.

У режимі охолодження:

$$Q_5 = q_5' \cdot G_{\text{п}} + q_5'' \cdot (E - G_{\text{п}}), \text{ [Вт]}, \quad (3.16)$$

де q_5' - тепловиділення плодів при температурі їх надходження в камеру, Вт/т ;

q_5'' - тепловиділення плодів при температурі зберігання, Вт/т ;

$G_{\text{п}}$ – максимальне одноразове надходження плодів в камеру, прийнято 10% , $G_{\text{п}} = 0.1E$.

Тепловиділення плодів визначаються:

$$q_t = q_0 \cdot e^{bt} \text{ [Вт/т]}, \quad (3.17)$$

де q_0 – тепловиділення плодів при $0 \text{ }^\circ\text{C}$;

b – температурний коефіцієнт швидкості дихання, $^\circ\text{C}^{-1}$.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для $t_{\text{п}}=14\text{ }^{\circ}\text{C}$: $q_5' = 12.1 \cdot e^{0.0932 \cdot 8} = 25.5\text{ Вт/т}$.

Для $t_{\text{п}}=6\text{ }^{\circ}\text{C}$: $q_5'' = 12.1 \cdot e^{0.0932 \cdot 2} = 14.6\text{ Вт/т}$.

Теплопритоки від дихання охолоджених плодів:

$$Q_5 = 25.5 \cdot 0.1 \cdot 378 + 14.6 \cdot 0.9 \cdot 378 = 5931\text{ Вт}$$

При визначенні сумарних теплопритоків по камерах для підбору устаткування, що охолоджує, приймаємо все теплопритоки у розмірі 100%.

Таблиця 3.3 – Звідна таблиця теплоприпливів по камері на ПО

	Q_1 , Вт	Q_2 , Вт	Q_3 , Вт	Q_4 , Вт	Q_5 , Вт	ΣQ , Вт
Камера №5	8932	7062	2835	2974	5931	27734
Камера №6	6659	7062	2835	2974	5931	25461

При визначенні сумарних теплопритоків по камерах для підбору компресорів, приймаємо теплопритоки від доохолодження вантажу та експлуатаційні теплопритоки у розмірі 50%, все останні теплопритоки у розмірі 100%.

Таблиця 3.4 – Звідна таблиця теплоприпливів по камері на КМ

	Q_1 , Вт	$0.5 \cdot Q_2$, Вт	Q_3 , Вт	$0.5 \cdot Q_4$, Вт	Q_5 , Вт	ΣQ , Вт
Камера №5	8932	3531	2835	1487	5931	22716
Камера №6	6659	3531	2835	1487	5931	20443

Таким чином, сумарне навантаження на компресори по всіх камерах:

$$\Sigma Q_{\text{к}} = 22716 \cdot 4 + 20443 \cdot 4 = 172636\text{ Вт}$$

4 Тепловий розрахунок холодильної системи

При роботі системи з безпосереднім кипінням хладону R 404a при температурі зберігання в камерах +8 °С приймаємо температуру кипіння агента $t_0=+2$ °С, з урахуванням використання як приладів охолодження повітроохолоджувачів. При роботі системи з проміжним хладносителем і аміачними водоохладителями, з урахуванням використання пластинчатих теплообмінників і ефективнішої роботи приладів охолодження в камерах, приймаємо робочу температуру крижаної води $t_{w1}=+4$ °С, температуру кипіння аміаку в пластинчатому випарнику $t_0=+2$ °С. Таким чином, необхідно провести тепловий розрахунок на два режими. У фреоновій системі будуть використані повітряні конденсатори ($t_k=42$ °С), в агрегатованих аміачних водоохолоджувачах водяний пластинчатий конденсатор ($t_k=34$ °С).

Теплове навантаження на компресора визначимо з урахуванням втрат в системі при безпосередньому охолодженні у розмірі 6 % і коефіцієнта робочого часу 0.85: $\Sigma Q_{0 \text{ комп}}=1.06 \cdot 172.6/0.85=215$ кВт.

Розрахунки проводимо одночасно R404a/аміак.

Тепловий розрахунок буде проводитися за наступними даними:

- температура кипіння $t_0=2$ °С;
- потрібна холодопродуктивність $Q_{0 \text{ комп}}=215$ кВт;
- температура конденсації агента $t_k=42/34$ °С;
- сумарний перегрів на всмоктуванні $\Theta=20/10$ °С;
- переохолодження після конденсатора $\Delta t_{\text{по}}=5$ °С;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

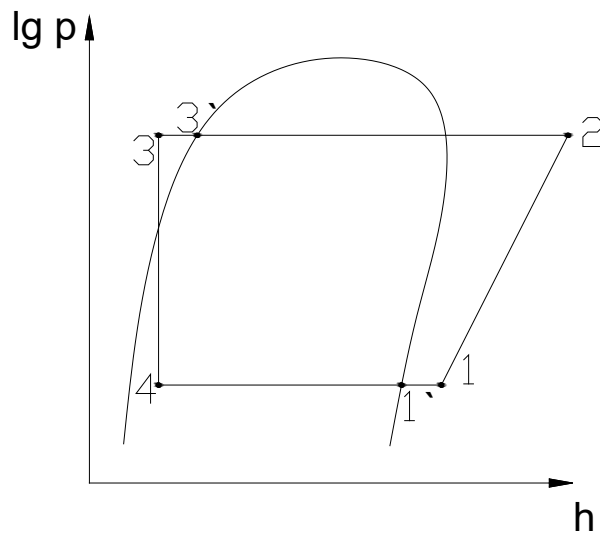


рис. 4.1 – Термодинамічний цикл холодильної машини

Процеси, відбиті в циклі:

- 1-2 – стискування в компресорі;
- 2-3 – конденсація;
- 3-4 – дроселювання агента;
- 4-5 – кипіння у випарнику;
- 1'-1 – перегрівши на всмоктуванні;
- 3'-3 – переохолодження після конденсатора.

Таблиця 4.1 – Розрахункові дані циклу холодильної машини

	1'	1	2	3	4
t, °C	7/7	22/12	74/122	36.7/29	1.7/2
P, бар	6.4/4.6	6.4/4.6	19/13.1	19/13.1	6.4/4.6
h, кДж/кг	375/1492	389/1503	423/1727	258/337	258/337
v, м ³ /кг	-	0.29	-	-	

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_{1'} - h_4 = 375 - 258 = 117 \text{ кДж/кг} \quad / \quad q_0 = h_{1'} - h_4 = 1492 - 337 = 1155 \text{ кДж/кг}$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0/v_1 = 117/0.035 = 3343 \text{ кДж/м}^3 \quad / \quad q_v = q_0/v_1 = 1155/0.29 = 3983 \text{ кДж/м}^3$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l = h_2 - h_1 = 423 - 389 = 34 \text{ кДж/кг} \quad / \quad l = h_2 - h_1 = 1727 - 1503 = 224 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата агента:

$$M_a = Q_0/q_0 = 215/117 = 1.84 \text{ кг/с} \quad / \quad M_a = Q_0/q_0 = 215/1155 = 0.186 \text{ кг/с}$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 1.84 \cdot 0.035 = 0.064 \text{ м}^3/\text{с} \quad / \quad V_d = M_a \cdot v_1 = 0.186 \cdot 0.29 = 0.054 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_c = 1 - 0.03 \cdot [(P_k/P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0.03 \cdot [(19/6.4) - 1] = 0.941$$

$$\lambda_c = 1 - 0.03 \cdot [(P_k/P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0.03 \cdot [(13.1/4.6)^{0.9} - 1] = 0.907$$

$$\lambda'_w = (T_0 + \Theta) / (\alpha \cdot T_k + \beta \cdot \Theta) = (275 + 20) / (1.12 \cdot 315 + 0.5 \cdot 20) = 0.813$$

$$\lambda'_w = T_0/T_k = 275/307 = 0.896$$

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda'_w = 0.916 \cdot 0.79 = 0.76 \quad \lambda = \lambda_c \cdot \lambda'_w = 0.941 \cdot 0.896 = 0.84$$

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h = V_d/\lambda = 0.064/0.76 = 0.084 \text{ м}^3/\text{с} \quad / \quad V_h = V_d/\lambda = 0.054/0.84 = 0.064 \text{ м}^3/\text{с}$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l = 1.84 \cdot 34 = 62.6 \text{ кВт} \quad / \quad N_a = M_a \cdot l = 0.186 \cdot 224 = 41.7 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / (\lambda'_w + b \cdot t_0) = 62.6 / (0.813 + 2 \cdot 0.001) = 76.8 \text{ кВт}$$

$$N_i = N_a / (\lambda'_w + b \cdot t_0) = 41.7 / (0.896 + 2 \cdot 0.025) = 44.1 \text{ кВт}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Потужність тертя:

$$N_{\text{тр}} = V_h \cdot P_{\text{тр}} = 0.084 \cdot 50 = 4.45 \text{ кВт} \quad / \quad N_{\text{тр}} = V_h \cdot P_{\text{тр}} = 0.064 \cdot 50 = 3.2 \text{ кВт}$$

де $P_{\text{тр}}$ - середній тиск тертя, приймаємо для всіх компресорів $P_{\text{тр}} = 50$ кПа.

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{\text{тр}} = 76.8 + 4.45 = 81.3 \text{ кВт} \quad / \quad N_e = N_i + N_{\text{тр}} = 44.1 + 3.2 = 47.2 \text{ кВт}$$

Електрична потужність компресора:

$$N_{\text{эл}} = N_e / \eta_{\text{эл}} = 80.4 / 0.9 = 89.3 \text{ кВт} \quad / \quad N_{\text{эл}} = N_e / \eta_{\text{эл}} = 47.2 / 0.9 = 52.4 \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{эл}}$ - ККД електродвигуна компресора.

Теоретичний коефіцієнт перетворення:

$$\text{COP}_T = q_0 / l = 117 / 34 = 3.44 \quad / \quad \text{COP}_T = q_0 / l = 1115 / 224 = 4.98$$

Коефіцієнт перетворення циклу Карно:

$$\text{COP}_{\text{Карно}} = T_k / (T_k - T_0) = 315 / (315 - 275) = 7.87$$

$$\text{COP}_{\text{Карно}} = T_k / (T_k - T_0) = 307 / (307 - 275) = 9.6$$

Дійсний коефіцієнт перетворення:

$$\text{COP}_D = Q_0 / N_e = 215 / 80.4 = 2.67 \quad / \quad \text{COP}_D = Q_0 / N_e = 215 / 47.2 = 4.55$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 4.2 – Результати теплового розрахунку

Параметри	R404a	R717
Холодопродуктивність, кВт	215	215
Температура кипіння, °С	2	2
Температура конденсації, °С	42	34
Перегрів, °С	20	10
Переохолодження в конденсаторі, °С	5	5
Тиск кипіння/конденсації, бар	19/6.4	13.1/4.6
Теор. об'єм, описаний поршнями, м ³ /с	0.084	0.064
Адіабатна потужність компресора, кВт	62.6	41.7
Електрична потужність компресора, кВт	89.3	52.4
Теоретичний коефіцієнт перетворення	3.44	4.98
Дійсний коефіцієнт перетворення	2.67	4.55

5 Розрахунок повітряного конденсатора

Як апарати для відведення теплоті конденсації приймаємо 3 повітряних конденсатора (холодильна система на хладоні R404A) з продуктивністю кожного $Q_k=96$ кВт

Дані для розрахунку:

Теплове навантаження: $Q_k=96$ кВт

Розрахункова температура зовнішнього повітря: $t_n=32$ °C

Відносна вологість зовнішнього повітря: $\phi_n=0.6$

Зовнішній діаметр труби: $d=0.022$ м

Внутрішній діаметр труби: $d_{вн}=0.02$ м

Товщина ребра: $\delta=0.0008$ м

Крок ребер: $u=0.008$ м

Ширина ребра: $B=0.044$ м

Матеріал труб/ребер: мідь/алюміній

Крок труб по ходу/проти ходу повітря: $S_1/S_2=0.044/0.088$ м

Розташування труб в пучку: шахове

Форма ребра: пластинчасте

Агент: R404a

5.1 Тепловий розрахунок конденсатора

Приймаємо підігрів повітря в конденсаторі $\Delta t=5$ К, тоді температура повітря на виході з апарату:

$$t_2=t_n+\Delta t=32+5=37 \text{ °C}$$

Температура конденсації для повітряних конденсаторів приймається на 10-12 К вище за розрахункову температуру зовнішнього повітря:

$$t_k=32+10=42 \text{ °C}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині апарату – $w=8$ м/с.

Розраховуємо геометричні характеристики ребра:

- зовнішня поверхня ребра:

$$f_p = B^2 - 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 + 4 \cdot B \cdot \delta = 0.044^2 - 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.022^2 + 4 \cdot 0.044 \cdot 0.0008 = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{tr} = \pi \cdot d \cdot (u - \delta) = 3.14 \cdot 0.022 \cdot (0.008 - 0.0008) = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн} = \pi \cdot d \cdot u = 3.14 \cdot 0.022 \cdot 0.008 = 0.55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{п} = f_p + f_{tr} = 1.7 \cdot 10^{-3} + 0.5 \cdot 10^{-3} = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- коефіцієнт обрешітлення β и ступінь обрешітлення φ_n :

$$\beta = f_{п} / f_{вн} = 2.2 / 0.55 = 4$$

$$\varphi_n = f_{п} / f_{tr} = 2.2 / 0.5 = 4.4$$

За довідковими даними [2] вибираємо теплофізичні властивості повітря при t_n :

- кінематична в'язкість $\nu = 16.2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0.027 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- число Прандтля $Pr = 0.7$;
- щільність $\rho = 1.16 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- теплоємність $c = 1.005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Визначальний розмір для умов тепловіддачі від поверхні конденсатора до повітря для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

$$d_3 = 2 \cdot (S_1 - d) \cdot (u - \delta) / (S_1 - d + u - \delta), \text{ м} \quad (5.1)$$

$$d_3 = 2 \cdot (0.044 - 0.022) \cdot (0.008 - 0.0008) / (0.044 - 0.022 + 0.008 - 0.0008) = 0.011 \text{ м}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Критерій Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re=w \cdot d_3 / \nu \quad (5.2)$$

$$Re=8 \cdot 0.011 / 16.2 \cdot 10^{-6} = 5358$$

Критерій Нуссельта для пластинчастого ребра визначаємо по формулі:

$$Nu=0.178 \cdot [(S_1-d)/d_3]^{-0.14} \cdot Re^{0.6} \quad (5.3)$$

$$Nu=0.178 \cdot [(0.044-0.022)/0.011]^{-0.14} \cdot 5358^{0.6} = 27.8$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ребра до повітря визначаємо по формулі:

$$\alpha_k = Nu \cdot \lambda / d_3 \quad (5.4)$$

$$\alpha_k = 27.8 \cdot 0.027 / 0.011 = 69.1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

$$h' = 0.5 \cdot d \cdot (1.15 \cdot B/d - 1)(1 + 0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot B/d)), \text{ м} \quad (5.5)$$

$$h' = 0.5 \cdot 0.022 \cdot (1.15 \cdot 0.044/0.022 - 1)(1 + 0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot 0.044/0.022)) = 0.018 \text{ м}$$

Для мідних труб коефіцієнт теплопровідності стінки $\lambda_{тр} = 400 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, для алюмінієвих ребер $\lambda_p = 200 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт ефективності ребра визначаємо по формулі:

$$E = \tanh[(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] / [(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] \quad (5.6)$$

$$E = \tanh[(2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 200))^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008)] /$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$/[2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 200)]^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008)] = 0.91$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі визначаємо по формулі:

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_{\text{к}} \cdot (f_{\text{р}} \cdot E / f_{\text{п}} + 1 / \varphi_{\text{н}}), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.7)$$

$$\alpha_{\text{пр}} = 69.1 \cdot (1.7 \cdot 0.91 / 2.2 + 1 / 4.4) = 64.2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Розрахункові дані для визначення термічного опору шару мастила:

товщина – $\delta_{\text{м}} = 0.0005 \text{ м}$;

коефіцієнт теплопровідності – $\lambda_{\text{м}} = 0.12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні апарату визначимо по формулі:

$$K = [(1 / \alpha_{\text{пр}} + 8 \cdot f_{\text{п}} / (\pi \cdot (d^2 + d_{\text{вн}}^2)) \cdot (0.5 \cdot (d - d_{\text{вн}}) / \lambda_{\text{тр}} + \delta / \lambda_{\text{р}} + \delta_{\text{м}} / \lambda_{\text{м}})]^{-1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.8)$$

$$K = [(1 / 64.2 + 8 \cdot 2.2 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot (0.022^2 + 0.002^2)) \cdot (0.5 \cdot (0.022 - 0.02) / 400 + 0.0008 / 200 + 0.0005 / 0.12)]^{-1} = 23.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Властивості агента (R404a) визначаємо за довідковими даними [2] при визначальній температурі конденсації $t_{\text{к}}$:

- щільність конденсату $\rho_{\text{к}} = 1120 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- коефіцієнт теплопровідності конденсату $\lambda_{\text{к}} = 0.0756 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату $\mu_{\text{к}} = 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
- теплота паротворення $r = 165 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Щільність теплового потоку з боку конденсуючого холодильного агента, використовуючи загальну температуру стінки труби $t_{\text{ст}}$, можна виразити по формулі:

$$q = \beta^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot r \cdot \rho_{\text{к}}^2 \cdot \lambda_{\text{к}}^3 \cdot (\mu_{\text{к}} \cdot d_{\text{вн}})^{-1}]^{0.25} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{ст}})^{-0.75}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (5.9)$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q=4^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot 165 \cdot 10^3 \cdot 1120^2 \cdot 0.0756^3 \cdot (2.2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.02)^{-1}]^{0.25} \cdot (42-t_{ст})^{-0.75} = 678 \cdot (42-t_{ст})^{-0.75}$$

Щільність теплового потоку з боку повітря, використовуючи загальну температуру стінки труби $t_{ст}$, можна виразити по формулі:

$$q=K \cdot (t_{ст}-t_{н}), \text{ Вт/м}^2 \quad (5.10)$$

$$q=K \cdot (t_{ст}-t_{н})=23.8 \cdot (t_{ст}-32)$$

Вирішуючи спільно систему рівнянь 7.9 і 7.10, визначимо шукану щільність теплового потоку через стінку: $q=168.2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Повну обребрену поверхню апарату визначаємо по формулі:

$$F=Q_{к} \cdot 10^3 / q, \text{ м}^2 \quad (5.11)$$

$$F=96 \cdot 10^3 / 168.2 = 571 \text{ м}^2$$

5.2 Конструктивний розрахунок апарату

Об'ємна витрата повітря через апарат визначається по формулі:

$$V=Q_{к} / (c \cdot \rho \cdot \Delta t), \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.12)$$

$$V=96 \cdot 10^3 / (1.16 \cdot 1.005 \cdot 5) = 16.5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа «живого» перетину конденсатора: $F_{ж}=V/w=16.5/8=2 \text{ м}^2$

Сумарна довжина труб в апараті: $\sum L=F_{ж}/f_{п}=2/(2.2 \cdot 10^{-3})=909 \text{ м}$

Площу «живого» перетину одного ребристого елемента визначимо по формулі:

$$f_{ж}=S_1 \cdot u - (2 \cdot h \cdot \delta + d \cdot u), \text{ м}^2 \quad (5.13)$$

$$f_{ж}=0.044 \cdot 0.008 - (2 \cdot 0.018 \cdot 0.0008 + 0.022 \cdot 0.008) = 0.1465 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату: $n_{p3} = F_{ж}/f_{ж} = 2/0.1465 \cdot 10^{-3} = 13652$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка:

$$\sum L_{\phi} = u \cdot n_{p3} = 0.008 \cdot 13652 = 109.2 \text{ м}$$

$$\text{Площа фронтального перетину апарату: } S_{\phi} = S_1 \cdot \sum L_{\phi} = 0.044 \cdot 109.2 = 4.8 \text{ м}^2$$

По графіках характеристик вентиляторів [6] вибираємо чотири вентилятори марки ВО-12-303-6,3 при орієнтовному натиску $H = 130 \text{ Па}$.

Діаметр вентиляторів $D_v = 0.63 \text{ м}$, кількість $z = 4$

Орієнтовні геометричні розміри конденсатора:

- ширина $B_k = (S_{\phi}/z)^{0.5} = (4.8/4)^{0.5} = 1.1 \text{ м}$;

- довжина $L_k = B_k \cdot z = 1.1 \cdot 4 = 4.4 \text{ м}$.

Число труб у фронтальному перетині апарату з округленням до цілого:

$$N_{\phi} = B_k / S_1 = 1.1 / 0.044 = 25$$

Дійсні геометричні розміри конденсатора:

- ширина $B_k = N_{\phi} \cdot S_1 = 25 \cdot 0.044 = 1.1 \text{ м}$;

- довжина $L_k = S_{\phi} / B_k = 4.38 / 1.06 = 4.4 \text{ м}$.

Число труб уздовж потоку повітря, з округленням до більшого цілого:

$$N = \sum L / \sum L_{\phi} = 909 / 109.2 = 9$$

$$\text{Висота секції: } H_k = S_2 \cdot N = 0.088 \cdot 9 = 0.792 \text{ м}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

6 Розрахунок повітроохолоджувача

Як прилади охолодження використовуємо у камерах повітроохолоджувачі (холодильна система на хладоні R404A) з продуктивністю кожного $Q_k=9.3$ кВт

У розрахунку використовуються наступні дані:

- холодопродуктивність апарату $Q_0=9.3$ кВт;
- температура повітря камери $t_k=8$ °С;
- відносна вологість повітря камери $\phi_k=0.9$;
- швидкість повітря в живому перетині $V_B=3$ м/с;
- форма ребра – кругле;
- матеріал труб сталь $\lambda_{тр}=50$ Вт/(м·К), $d_H=0.02$ м, $d_{BH}=0.016$ м;
- матеріал ребер алюміній $\lambda_p=150$ Вт/(м·К),
- крок ребер $u=0.008$ м, висота ребра $h_p=0.02$ м, товщина ребра у підстави $\delta_{op}=0.002$ м, у вершини $\delta_{bp}=0.0006$ м діаметр ребра $D_p=0.063$ м;
- температура кипіння агента (R 404a) $t_0=2$ °С;
- товщина інею, що осів $\delta_i=0.0015$ м, $\lambda_i=0.2$ Вт/(м·К).

Розрахунок

Приймаємо по графіку залежності від t_k підохолодження в апараті $\Delta t=2$.

Температура на виході з апарату:

$$t_B=t_k-\Delta t=8-2=6 \text{ °С}$$

Середня температура повітря:

$$t_c=0.5 \cdot (t_k+t_B)=0.5 \cdot (8+6)=7 \text{ °С}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Задаємося середньою температурою поверхні п-ча, покритою інєєм:
 $t_{\text{п}} = -2.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

По таблицях визначаємо вологосодержание насиченого повітря при: $t_{\text{к}}$ -
 $d_{\text{к}}'' = 0.0044 \text{ кг/кг}$; $t_{\text{п}}$ - $d_{\text{п}}'' = 0.003 \text{ кг/кг}$; $t_{\text{в}}$ - $d_{\text{в}}'' = 0.0038 \text{ кг/кг}$.

Вологосодержаніє повітря в камері при $t_{\text{к}}$ по таблиці $d_{\text{к}} = 0.0039 \text{ кг/кг}$

Вологосодержаніє на виході з повітроохолоджувача:

$$d_{\text{в}} = d_{\text{к}} - (d_{\text{к}} - d_{\text{п}}'') \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{в}}) / (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}) \quad [\text{кг/кг}] \quad (6.1)$$

$$d_{\text{в}} = 0.0039 - (0.0039 - 0.003) \cdot (2 + 0) / (2 + 2.8) = 0.0035 \text{ кг/кг}.$$

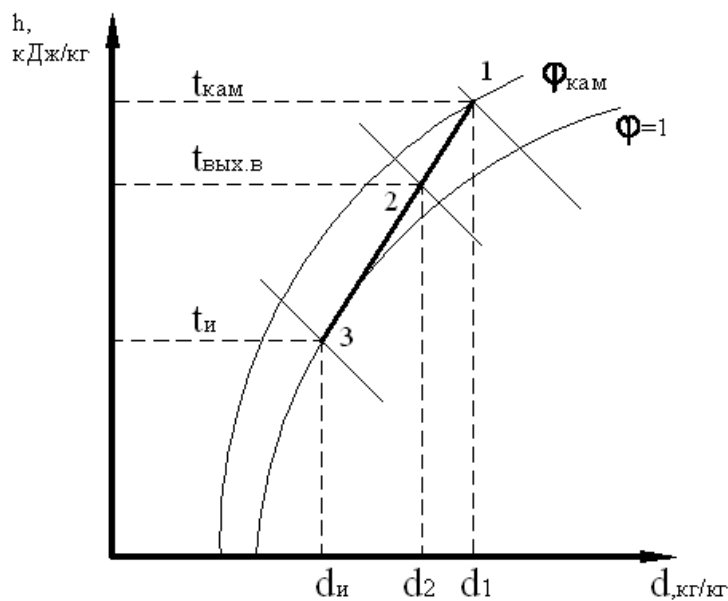


рис. 6.1 – Процес обробки повітря у повітряохолоджувачі в h-d діаграмі.

Відносна вологість на виході з апарату:

$$\phi_{\text{в}} = d_{\text{в}} / d_{\text{в}}'' = 0.0035 / 0.0038 = 0.93$$

Ентальпія повітря визначається по формулі:

$$h=1.006 \cdot t+(2835+2.09 \cdot t) \cdot d \quad [\text{кДж/кг}] \quad (6.2)$$

$$h_{\text{к}}=1.006 \cdot 2+(2835+2.09 \cdot 2) \cdot 0.0039=13.08 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{\text{в}}=1.006 \cdot 0+(2835+2.09 \cdot 0) \cdot 0.0035=9.97 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{\text{п}}=1.006 \cdot (-2.8)+(2835+2.09 \cdot (-2.8)) \cdot 0.0038=5.61 \text{ кДж/кг}$$

Поперечний і подовжній крок труб при коридорній компоновці:

$$S_1=S_2=D_p+2 \cdot \delta_i+0.003=0.063+2 \cdot 0.0015+0.003=0.069 \text{ м}$$

Геометричні параметри прийнятого ребристого елемента.

Зовнішня поверхня ребра:

$$f_p=0.5 \cdot \pi \cdot (D_p^2-d_n^2)+\pi \cdot D_p \cdot \delta_{\text{вр}}=0.5 \cdot \pi \cdot (0.063^2-0.02^2)+\pi \cdot 0.063 \cdot 0.0006=$$
$$=5.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{\text{тр}}=\pi \cdot d_n \cdot (u-\delta_{\text{ор}})=3.14 \cdot 0.02 \cdot (0.008-0.0002)=3.77 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{\text{вн}}=\pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot u=3.14 \cdot 0.016 \cdot 0.008=4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{\text{п}}=f_p+f_{\text{тр}}=(5.7+3.77) \cdot 10^{-3}=6.1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт обрешення:

$$\beta=f_{\text{п}}/f_{\text{вн}}=6.1/0.4=15.2$$

Ступінь обрешення:

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\phi = f_{\text{п}} / (\pi \cdot d_{\text{н}} \cdot u) = 6.1 / (\pi \cdot 0.02 \cdot 0.008) = 12.14$$

Умовний ступінь обрешення:

$$\beta_{\text{н}} = f_{\text{п}} / f_{\text{тр}} = 6.1 / 0.38 = 16.19$$

Геометричні характеристики поверхні інею.

Зовнішня поверхня інею на ребрі:

$$\begin{aligned} f_{\text{рi}} &= 0.5 \cdot \pi \cdot [(D_{\text{р}} + 2 \cdot \delta_{\text{i}})^2 - (d_{\text{н}} + 2 \cdot \delta_{\text{i}})^2] + \pi \cdot (D_{\text{р}} + 2 \cdot \delta_{\text{i}}) \cdot (\delta_{\text{вр}} + 2 \cdot \delta_{\text{i}}) = 0.5 \cdot \pi \cdot \\ &\cdot [(0.053 + 2 \cdot 0.0015)^2 - (0.02 + 2 \cdot 0.0015)^2] + \pi \cdot (0.063 + 0.003) \cdot (0.0006 + 0.003) = \\ &= 6.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Внутрішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами:

$$\begin{aligned} f_{\text{тр i}} &= \pi \cdot (d_{\text{н}} + 2 \cdot \delta_{\text{i}}) \cdot (u - \delta_{\text{ор}} - 2 \cdot \delta_{\text{i}}) = 3.14 \cdot (0.02 + 0.003) \cdot (0.008 - 0.0002 - 0.003) = \\ &= 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Повна зовнішня поверхня інею на ребристому елементі:

$$f_{\text{i}} = f_{\text{тр i}} + f_{\text{р i}} = (6.8 + 0.22) \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт обрешення поверхні, покритої інеєм:

$$\beta_{\text{i}} = f_{\text{i}} / f_{\text{вн}} = 7 / 0.4 = 17.3$$

Площа `живого` перетину одного ребристого елемента з інеєм:

$$\begin{aligned} f_{\text{ж}} &= (S_1 - d_{\text{н}} - 2 \cdot \delta_{\text{i}}) \cdot u - 2 \cdot h_{\text{р}} \cdot [0.5 \cdot (\delta_{\text{вр}} + \delta_{\text{ор}}) + 2 \cdot \delta_{\text{i}}] = (0.069 - 0.02 - 0.003) \cdot 0.008 - \\ &- 2 \cdot [0.5 \cdot (0.0006 + 0.0002) + 0.003] = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Теплообмін з боку повітря.

Теплофізичні властивості повітря при $t_{\text{с}}$:

- кінематична в'язкість $\nu_{\text{в}} = 13.28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_B=0.0244$ Вт/(м·К);
- число Прандтля $Pr_B=0.707$;
- щільність $\rho_B=1.293$ кг/м³.

Коефіцієнт вологи випадання визначається по формулі:

$$\xi=1+(d_{к''} \cdot \varphi_{к}-d_{п''}) \cdot (2835-2.09 \cdot t_{п}) / [(1.006+1.87 \cdot d_{п''}) \cdot (t_{к}-t_{п})] \quad (6.3)$$

$$\xi=1+(0.0044 \cdot 0.9-0.003) \cdot (2835-2.09 \cdot (-2.8)) / [(1.006+1.87 \cdot 0.003) \cdot (2+2.8)]=1.073$$

По таблицях розрахункових залежностей для прийнятого типу трубного пучка ребристого елемента і відповідної сфери застосування вибираємо визначальний розмір і розрахункову залежність для визначення критерію Нуссельта.

Визначальний розмір:

$$L_0=d_H/\beta_H+(1-\beta_H^{-1})[0.785 \cdot (D_p^2-d_H^2)]^{0.5} \quad (6.4)$$

$$L_0=0.2/16.19+(1-16.19^{-1})[0.785 \cdot (0.063^2-0.02^2)]^{0.5}=0.051 \text{ м}$$

Число Рейнольдса:

$$Re_B=w_B \cdot L_0/\nu_B \quad (6.5)$$

$$Re_B=3 \cdot 0.051/(13.28 \cdot 10^{-6})=11498$$

Число Нуссельта:

$$Nu_B=0.18 \cdot C_s \cdot C_z \cdot Re_B^{0.65} \cdot \beta_H^{0.07} \cdot \beta_H^{-0.7} \quad (6.6)$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки $S_2/d_H=3.45>2$ і кількість труб по передумовах більше 4 шт, то коефіцієнти $C_s=C_z=1$.

$$Nu_B=0.18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 11498^{0.65} \cdot 16.2^{0.07} \cdot 16.2^{-0.7} = 41.3$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні повітряохолоджувача до повітря:

$$\alpha_B = Nu_B \cdot \lambda_B / L_0 \quad (6.7)$$

$$\alpha_B = 41.3 \cdot 0.0244 / 0.051 = 19.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(\alpha_B \cdot \xi)^{-1} + \delta_i / \lambda_i]^{-1} \quad (6.8)$$

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(19.8 \cdot 1.073)^{-1} + 0.0015 / 0.2] = 18.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра:

$$h' = h_p \cdot [1 + 0.35 \cdot \ln(D_p / d_H)] = 0.02 \cdot [1 + 0.35 \cdot \ln(0.063 / 0.02)] = 0.028 \text{ м}$$

Безрозмірний комплекс

$$mh' = [4 \cdot \alpha_{B \text{ пр}} / ((\delta_{вр} + \delta_{ор}) \cdot \lambda_p)]^{0.5} \cdot h' = 2 \cdot [18.3 / (0.008 \cdot 150)]^{0.5} = 0.384$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = [\tanh(mh')] / mh' \quad (6.9)$$

$$E = [\tanh(0.384)] / 0.384 = 0.953$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра:
 $\psi = 1 - 0.058 \cdot mh = 1 - 0.058 \cdot 0.384 = 0.977$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{в\text{ пр}} = \alpha_{в\text{ пр}} \cdot (f_p \cdot E \cdot \psi + f_{тр}) / f_{п} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (6.10)$$

$$\alpha_{в\text{ пр}} = 18.3 \cdot (0.0057 \cdot 0.953 \cdot 0.977 + 0.0004) / 0.006 = 17.1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{в} = \alpha_{в} \cdot \xi \cdot \beta_i \cdot (t_c - t_{п}) \quad [\text{Вт}/\text{м}^2] \quad (6.11)$$

$$q_{в} = 17.1 \cdot 1.073 \cdot 17.34 \cdot (1 + 2.9) = 1436 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі в трубах апарату:

$$\alpha_0 = 32 \cdot \omega\rho^{0.47} \cdot q_{в}^{0.15} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (6.12)$$

де $\omega\rho$ – масова швидкість агента, по графіку залежності від щільності теплового потоку знаходимо $\omega\rho = 80 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

$$\alpha_0 = 32 \cdot 80^{0.47} \cdot 1436^{0.15} = 747 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні інею:

$$K_{ні} = [\beta_i / \alpha_0 + 1 / \alpha_{в\text{ пр}} + \phi \cdot (0.5 \cdot (d_n - d_{вн}) / \lambda_{т})]^{-1} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (6.13)$$

$$K_{ні} = [17.34 / 747 + 1 / 17.1 + 12.14 \cdot (0.5 \cdot (0.02 - 0.016) / 50)]^{-1} = 12.19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні сухої поверхні:

$$K_H = K_{Hi} \cdot \beta / \beta_i = 12.19 \cdot 15.17 / 17.34 = 10.67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Перевіряємо раніше прийняту температуру поверхні апарату:

- щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею:

$$q_H = K_{Hi} \cdot (t_c - t_0) = 10.67 \cdot (1 + 6) = 85.3 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

- розрахункова різниця температур:

$$\Delta t_p = q_H / (\alpha_B \cdot \xi) = 85.3 / (19.8 \cdot 1.073) = 4.02 \text{ }^\circ\text{C};$$

- відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур:

$$\varepsilon = [|\Delta t_p - (t_c - t_{п})| / \Delta t_p] \cdot 100\% = |[4.02 - (1 + 2.9)] / 4.02| \cdot 100\% = 3 \%$$

Оскільки відносна погрішність задовольняє необхідній погрішності розрахунку (<5%), тоді шукана зовнішня поверхня повітроохолоджувача:

$$F_H = Q_0 / [K_H \cdot (t_c - t_0)] = 9300 / (10.67 \cdot 7) = 124.5 \text{ м}^2$$

Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача.

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач:

$$V_B = Q_0 \cdot 10^{-3} / [\rho_B \cdot (h_K - h_B)] \quad (6.14)$$

$$V_B = 9.3 / [1.29 \cdot (13.08 - 9.99)] = 2.3 \text{ м}^3/\text{с}$$

По графіках характеристик вентиляторів вибираємо два вентиляторі марки ВО-12-303-5 при орієнтовному натиску $H=120$ Па з діаметром вентилятора $D_B=0.5$ м.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний `живий` перетин повітроохолоджувача:

$$F_{ж} = V_{в} / w_{в} = 2.3 / 3 = 0.77 \text{ м}^2$$

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_{ф} = F_{ж} \cdot S_1 \cdot u / f_{ж} = 0.77 \cdot 0.069 \cdot 0.008 / 0.00044 = 0.966 \text{ м}^2$$

Перевіряємо забезпечення хорошого розподілу повітря $1.8 < e < 2.6$:

$$e = F_{ф} / (0.25 \cdot \pi \cdot D_{в}^2) = 0.966 / (2 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.5^2) = 2.46$$

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції

повітроохолоджувача у фронтальному перетині:

- ширина $H' = (F_{ф} / 2)^{0.5} = 0.483^{0.5} = 0.695 \text{ м}$;

- довжина $L' = H' \cdot 2 = 1.39 \text{ м}$;

Число труб у фронтальному перетині пучка з округленням до парного цілого: $z_1 = H' / S_1 = 0.695 / 0.069 = 10 \text{ шт}$

Дійсна ширина і довжина секції:

$$H = z_1 \cdot S_1 = 10 \cdot 0.069 = 0.69 \text{ м}$$

$$L = 2 \cdot F_{ф} / H = 2 \cdot 0.483 / 0.69 = 1.4 \text{ м}$$

Кількість труб по ходу повітря з округленням до найближчого більшого цілого: $z_2 = F_{н} / [f_{п} \cdot (F_{ж} / f_{ж})] = 124.5 / [0.0061 \cdot (0.77 / 0.00044)] = 12 \text{ шт}$

Розрахункові параметри теплообмінної поверхні:

- сумарна довжина труб апарату:

$$\Sigma L = L \cdot z_1 \cdot z_2 = 1.4 \cdot 10 \cdot 12 = 168 \text{ м}$$

- площа зовнішньої поверхні:

$$F_{д} = \Sigma L \cdot \pi \cdot d_{вн} \cdot \beta = 168 \cdot 3.14 \cdot 0.016 \cdot 15.17 = 128 \text{ м}^2$$

- глибина секції:

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B=S_2 \cdot z_2=0.069 \cdot 12=0.828 \text{ м.}$$

Перевірка по аеродинамічному опору.

Аеродинамічний опір пучків обрешчених труб з круглими ребрами визначається по формулі:

$$\Delta P=0.26 \cdot C_Z \cdot C_L \cdot C_t \cdot (\omega p)^{1.92} \quad (6.15)$$

Еквівалентний діаметр: $d_3=2 \cdot [u \cdot (S_1-d_n)-2 \cdot \delta_p \cdot h_p] / (2 \cdot h_p+u)=$
 $=2 \cdot [0.008 \cdot (0.069-0.02)-2 \cdot 0.0013 \cdot 0.02] / (2 \cdot 0.02+0.008)=0.014 \text{ м}$

Коефіцієнт, що враховує лінійні розміри ребер:

$$C_L=L_0^{0.22}/d_3^{0.3}=0.051^{0.22}/0.014^{0.3}=1.87$$

Коефіцієнт, що враховує фізичні властивості повітря:

$$C_t=v_B^{0.08}/\rho_B^{0.92}=(13.28 \cdot 10^{-6})^{0.08}/1.293^{0.92}=0.322$$

Коефіцієнт, що враховує режим течії $C_Z=z_2$, оскільки $z_2>6$

Т.ч.

$$\Delta P=0.26 \cdot 1.87 \cdot 0.322 \cdot 14 \cdot (3 \cdot 1.293)^{1.92}=60 \text{ Па}$$

При виборі вентилятора натиск був прийнятий 120 Па, звідки витікає, що вибраний тип вентилятора забезпечить нормальну циркуляцію повітря через теплообмінну поверхню.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

7 Підбір компресоров та допоміжного устаткування

Система на хладоні R404A.

Підбір компресорів здійснимо по потрібній холодопроизводительности на один компресор $Q_{0 \text{ комп}}=54$ кВт з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку. Вибираємо 4(1) поршневі компресори фірми Bitzer марки 4J-13.2Y-40P з холодопродуктивністю за даних умов $Q_0=55$ кВт.

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуємо повітряні конденсатори. По необхідній нарузке $Q_k=96$ кВт вибираємо 3 повітряних конденсатори фірми Alfa-Laval марки ACS802B-T потужністю 100 кВт и витратою повітря 42 тыс.м³/час, при розрахунковій температурі конденсації $t_k=42$ °C.

Лінійний ресівер призначений для рівномірної подачі рідкого агента на пристрої, що дроселюють, і його зберігання у той час коли система не працює.

Лінійний ресівер для даної холодильної системи безпосереднього охолодження підбирається з розрахунку, що його об'єм складає не менше 60% об'єму повітроохолоджувачів. При цьому робоче заповнення ресівера складає 50%. Загальний внутрішній об'єм повітроохолоджувачів можна визначуваний виходячи їх конструктивних характеристик і числа повітроохолоджувачів: $V_{\text{исп}}=24 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot \Sigma L=24 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.016^2 \cdot 168=0.81$ м³.

Відповідно до правил техніки безпеки розрахунковий об'єм також збільшують на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80%. Т.ч., місткість лінійного ресівера можна визначити як:

$$V_{\text{л}}=(0.6 \cdot V_{\text{исп}}/0.5) \cdot 1.2=(0.6 \cdot 0.81/0.5) \cdot 1.2=1.16 \text{ м}^3.$$

Як лінійні ресівери використовують горизонтальні або вертикальні циліндрові судини. По місткості підбираємо горизонтальний ресівер 1.5PB, який може використовуватися при робочому тиску до 1.8 мПа в діапазоні

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресівера зварні, запобіжні клапани мають умовний прохід D_y 15мм.

Віддільники рідини включають в систему для захисту компресора від попадання в них рідкого хладагента. Віддільник рідини повинен бути забезпечений автоматичними приладами, що вимикають компресор при небезпечній зміні рівня рідини в судині. У системах безпосереднього кипіння, при регулюванні заповнення приладів охолодження по перегріву пари при нормальній експлуатації, в судині не повинно бути рідини.

Рідина відділяється від пари унаслідок різкої зміни швидкості і напрямку руху холодильного агента. Швидкість пари в судині не повинна перевищувати 0.5 м/с. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, що має патрубки і штуцера для приєднання рідинної і парових ліній, зрівняльної лінії, автоматичних приладів і манометра. Судина розрахована на робочий тиск не більше 1,5 мПа в робочому діапазоні температур від -50 до +40 °С. Підбираємо віддільника рідини 70 ОЖ.

Мастиловіддільники призначені для відділення мастила, що відноситься з компресорів разом з холодильним агентом. Підбір мастиловіддільників проводиться по діаметру нагнітального патрубка компресора. Вибираємо мастиловіддільник циклонного типу 65МО.

Мастилозбірник призначений для перепускання в нього мастила з апаратів і подальшого видалення його з системи при низькому тиску. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, розрахованою на робочий тиск не більше 1,8 мПа в робочому діапазоні температур від -40 до +150 °С. Вибираємо мастилозбірник 150СМ.

Для захисту віддільника рідини від переповнювання, а так само зберігання агента при тривалій зупинці холодильної машини, в системі передбачений захисний дренажний ресівер. Підбір апарату здійснюється аналогічно лінійному ресіверу, т.ч. як дренажний вибираємо горизонтальний ресівер 1.5 РВ.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Система на аміаку.

Для отримання крижаної води підбираємо комплексну аміачну холодильну машину GRASSO FX PP 200 з холодопродуктивністю за даних умов $Q_0=200$ кВт, $N_{ел}=60$ кВт.

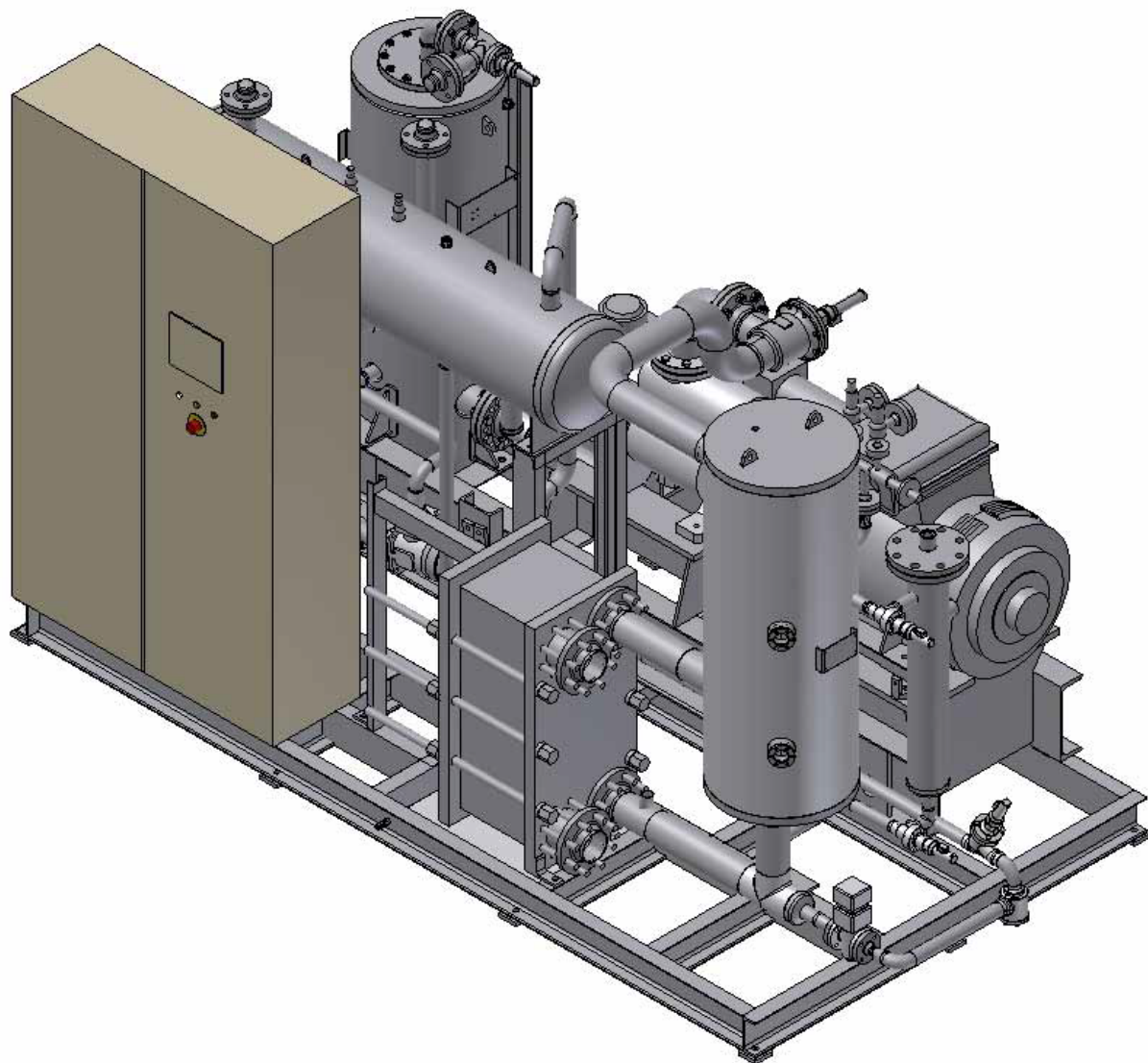


рис. 7.1 – Водоохолоджувач GRASSO FX PP 200

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6

Арк.

56

8 Розрахунок магістральних трубопроводів

Об'ємна витрата агента:

$$V_a = M_a / \rho, \text{ [м}^3/\text{с]}, \quad (8.1)$$

де ρ – щільність агента за відповідних умов, кг/м^3 .

Діаметр трубопроводу, що розраховується:

$$d = 1.13 \cdot (V_a / w)^{0.5}, \text{ [м]}, \quad (8.2)$$

де w – орієнтовна швидкість агента, що приймається виходячи з умов роботи трубопроводу м/с .

Нагнітальний трубопровід для одного компресора:

При $t_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_k = 19 \text{ бар}$ – щільність агента $\rho_2 = 86.6 \text{ кг/м}^3$.

$$V_a = 0.5 / 86.6 = 0.0058 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0058 / 14)^{0.5} = 0.023 \text{ м}.$$

Приймаємо на нагнітанні мідну трубу 24×1.5 .

Всмоктуючий трубопровід для одного компресора:

При $t_1 = -6 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_0 = 5 \text{ бар}$ визначаємо щільність агента $\rho_1 = 24.4 \text{ кг/м}^3$.

$$V_a = 0.5 / 24.4 = 0.02 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.02 / 12)^{0.5} = 0.044 \text{ м}.$$

Приймаємо на всмоктуванні мідну трубу 55×2.5 .

Трубопровід на сливі від конденсаторів до ресівера:

При $t_3 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_k = 19 \text{ бар}$ визначаємо щільність агента $\rho_3 = 964 \text{ кг/м}^3$.

$$V_a = 0.5 / 964 = 0.0012 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0012 / 1)^{0.5} = 0.025 \text{ м}.$$

Приймаємо на рідинному зливі мідну трубу 28×1.5 .

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

9. Впровадження системи утилізації теплоти форконденсації

9.1 Порівняння існуючих принципових рішень та розробка власного на їх основі

Робота системи холодопостачання розподільчого холодильника для волонтерського штабу не зазнає значних змін в залежності від пори року, а зважаючи на те, що теплоприприв через огорожуючі конструкції має відносно малу долю від загального теплоприпливу, тому робота холодильної системи є умовно стабільною. Таким чином правильно розрахована система утилізації теплоти здатна забезпечити виробництво теплоносієм протягом всього року.

Метою впровадження системи утилізації було максимально використати потенціал утилізації теплоти форконденсації. У пошуку готового технічного рішення було порівняно існуючі схеми, та всі запропоновані варіанти використовували у своїй роботі лише частину потоку, тому було прийняте рішення адаптувати існуючі технологічні схеми під потреби розподільчого холодильника для волонтерського штабу.

Варіант 1. Форконденсація з контролем по тиску

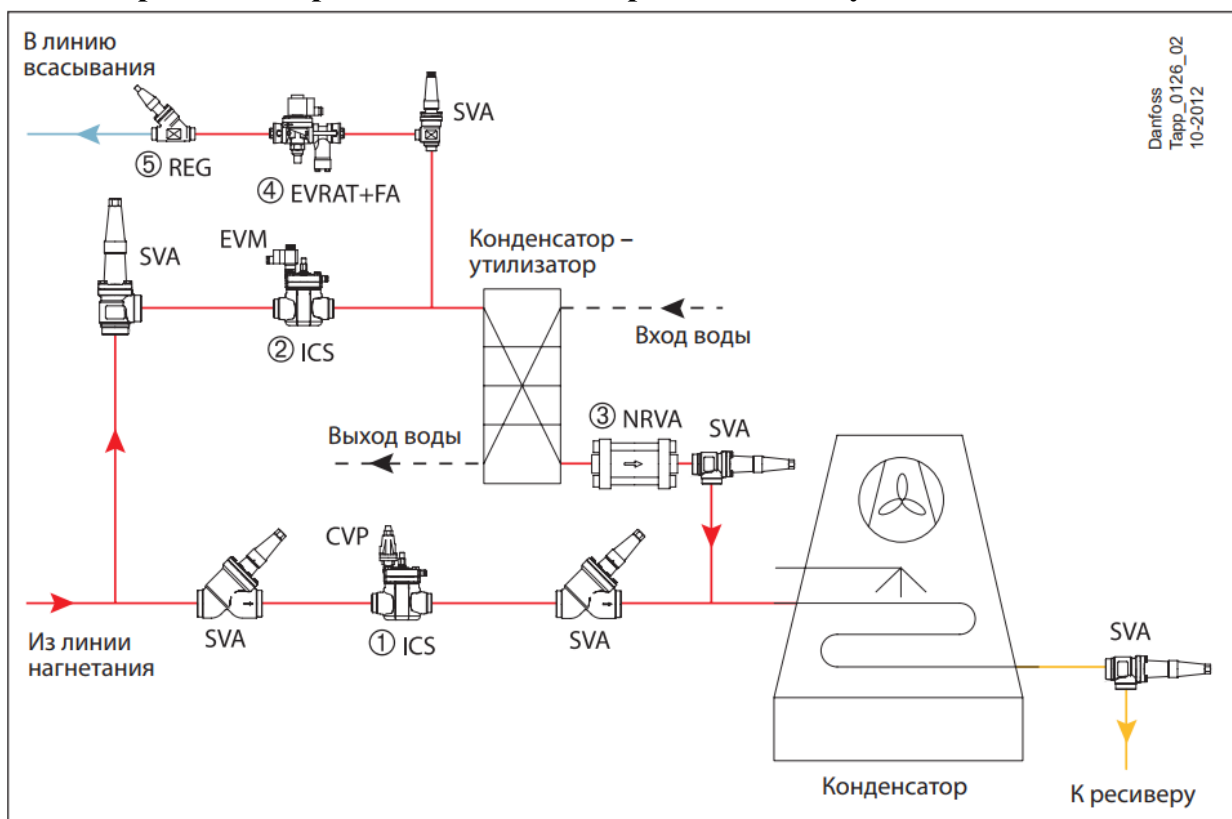


Рис. 9.1 - Система утилізації теплоти Danfoss з контролем по тиску.

Дана система утилізації тепла може застосовуватися для підготовки як повітря, так і води.

Цикл охолодження без утилізації тепла.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Гарячий пар з лінії нагнітання подається безпосередньо в основний конденсатор через сервопривідний клапан ICS (1) з пілотним клапаном постійного тиску CVP (HP). Зворотний клапан NRVA (3) запобігає зворотний потік холодоагенту в конденсатор-утилізатор.

Цикл утилізації тепла.

Управління сервопривідного клапаном ICS (2) здійснюється двохопозиційним регулюванням роботи пілотного клапана EVM по керуючим сигналам таймера, реле температури і ін. Гарячий пар надходить в конденсаторутилізатор. З огляду на підвищеної продуктивності по конденсації і зниженого тиску нагнітання клапан ICS А знаходиться в закритому положенні. При збільшенні тиску нагнітання пілотний клапан постійного тиску CVP

(HP) відкриває сервопривідний клапан ICS (1) для забезпечення подачі частини гарячої пари в основний конденсатор.

У літній сезон конденсатор-утилізатор більшу частину часу не працює. Щоб уникнути скупчування рідини в конденсаторі-утилізаторі за допомогою соленоїдного клапана EVRA (4) і регулюючого клапана REG (5) забезпечується періодичне випаровування рідини з конденсатора.

Варіант 2. Форконденсація з контролем по температурі виходу теплоносія

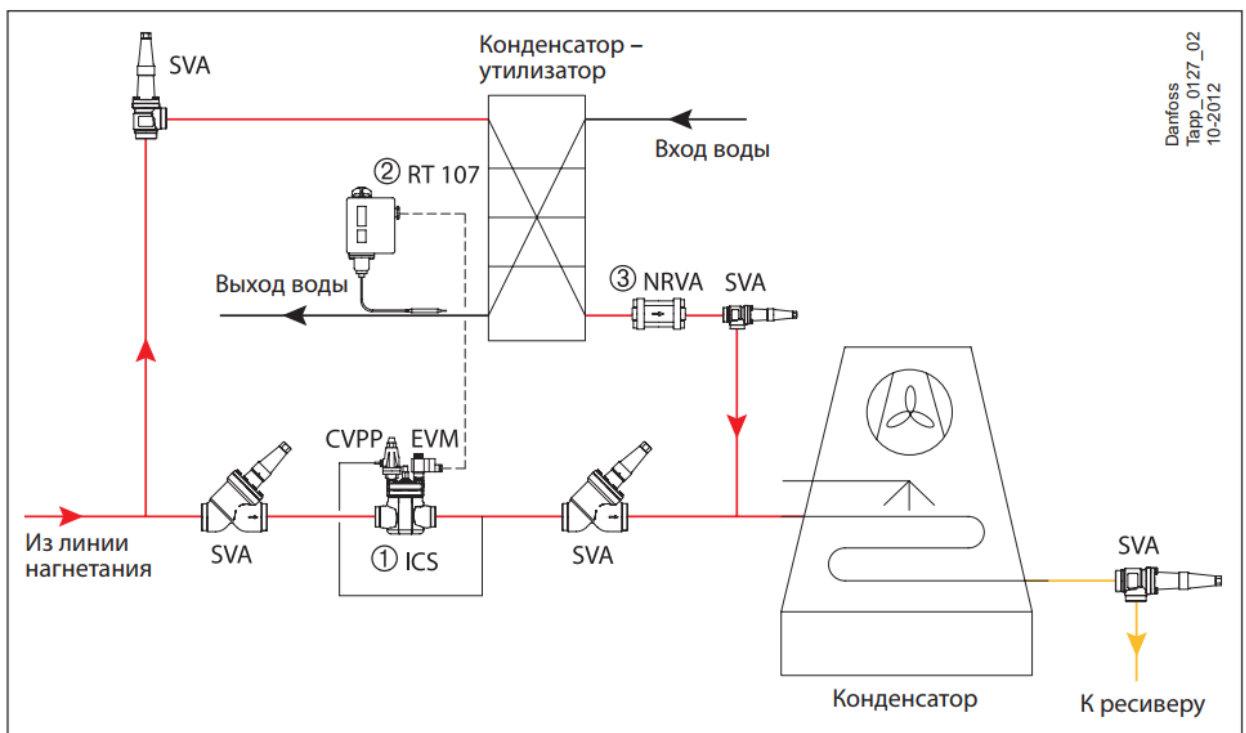


Рис. 9.2 - Система утилізації теплоти Danfoss з контролем температури виходу теплоносія.

Дана система утилізації тепла застосовується для централізованих систем охолодження з декількома компресорами. При роботі системи охолодження в режимі невеликої продуктивності, весь пар що нагнітається проходить через конденсатор- утилізатор і потім направляється в основний конденсатор.

Чим більше стає продуктивність установки, тим більше збільшується перепад тиску на конденсаторі-утилізаторі.

При перевищенні значення перепаду тиску, заданого для пілотного клапана перепаду тиску CVPP (HP), сервоприводний клапан ICS (1)

частково відкривається і надлишковий пар високого тиску спрямовується безпосередньо в основний конденсатор.

Коли температура води або повітря в конденсаторі-утилізаторі досягне заданого значення, реле температури RT 107 (2) увімкне двохпозиційний пілотний клапан EVM і сервоприводний клапан ICS (1) повністю відкривається.

Варіант 3. Форконденсація з конденсацією холодоагенту

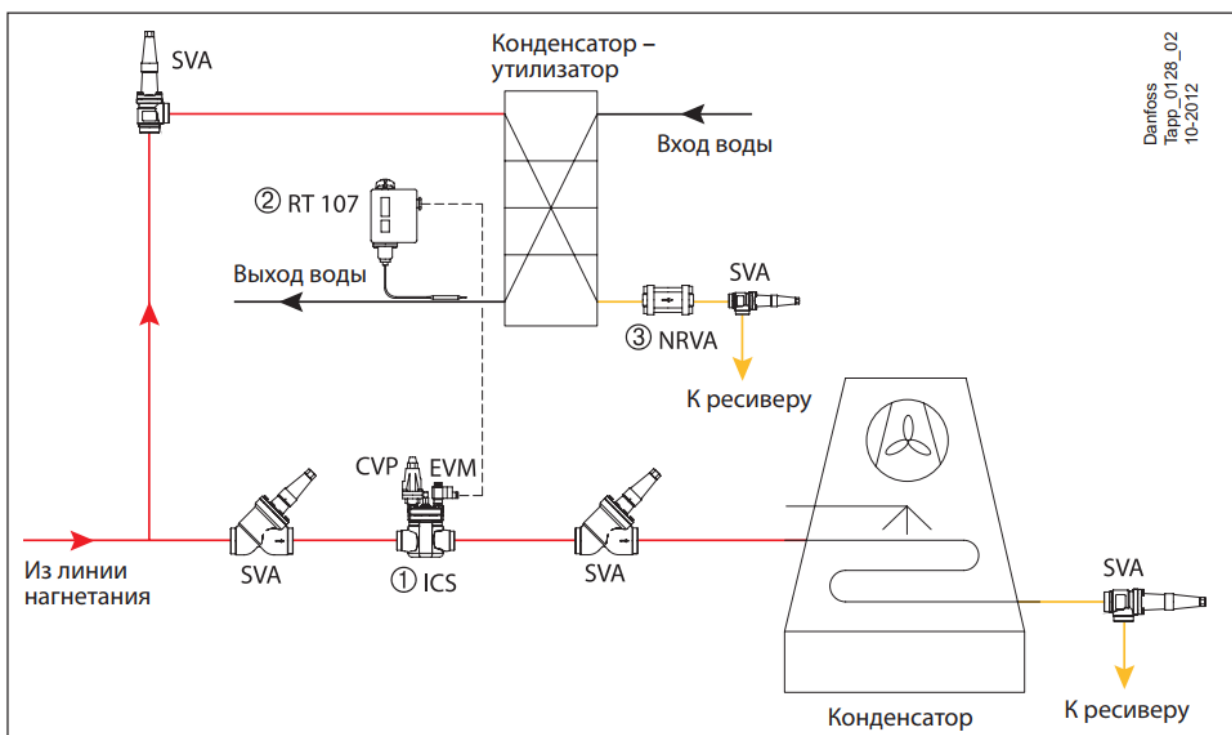


Рис. 9.3 - Система утилізації теплоти Danfoss з конденсацією холодоагенту.

Дана система утилізації тепла застосовується для систем з декількома компресорами, наприклад, для нагріву води для централізованих систем опалення. У нормальних умовах експлуатації сервоприводний клапан ICS (1) знаходиться у відкритому положенні за допомогою двопозиційного соленоїдного пілотного клапана EVM, з зовнішнім управлінням від реле температури RT 107. У зимовий час, коли виникає потреба в утилізації тепла для нагріву води, соленоїдний пілотний клапан EVM закривається і, отже, закривається сервоприводний клапан ICS (1). При перевищенні уставки тиску конденсації для пілотного клапана постійного тиску CVP (HP) сервоприводний клапан ICS відкривається і надлишковий пар високого тиску подається в основний конденсатор. Зворотний клапан NRVA зупиняє зворотний потік холодоагенту в конденсатор-утилізатор.

Варіант 4. Повна утилізація теплоти форконденсації

Запропоноване схемне рішення максимально використовує теплоту форконденсації що є в наявності. Потік гарячих парів холодоагенту на ділянці між компресором та конденсатором перекривається ручним запірним вентиляем та спрямовується до пластинчатого теплообмінника – форконденсатору. У теплообміннику відбувається майже повне зняття перегріву з пари після чого потік повертається до конденсатору. Попередження конденсування пари у форконденсаторі виконується за допомогою регулювання кількості подачі теплоносія.

У зимовий період, коли потенціал температури на нагнітанні компресора є замалим для того щоб бути прийнятним для практичного використання через малий тиск конденсації, на ділянці трубопроводу між форконденсатором та конденсатором встановлюється клапат підтримки тиску до себе (ICS), що забезпечує стабільно високий тиск нагнітання а з цим і високу температуру пари холодоагента.

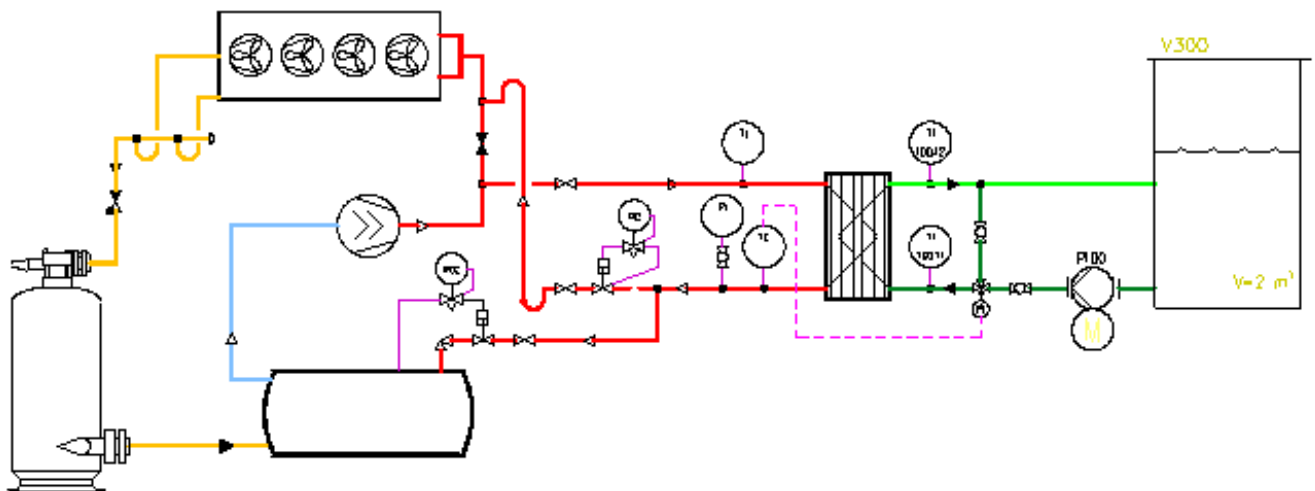


Рис 9.4 – система повної утилізацією теплоти форконденсації з підтримкою тиску нагнітання.

9.2 Визначення основних режимів роботи холодильної системи та варіантний розрахунок системи утилізації теплоти форконденсації

Утилізація теплоти конденсації здійснюється за рахунок відбору енергії від перегрітих парів холодильного агента на ділянці між нагнітальним патрубком компресора і входом в конденсатор. На діаграмі, показаній на рис. 9.5 цей процес розташовується між точками 2 і 3. При підвищенні температури конденсації, також зростає температурний рівень теплоти що підлягає утилізації.

Для холодного періоду року в зв'язку зі значним зниженням температури навколишнього повітря, утилізація теплоти високого потенціалу вимагає підтримки значень температур конденсації, характерних для літнього часу, штучним способом. Розроблена принципова схема утилізації теплоти конденсації з штучним підтриманням температури конденсації приведена на аркуші 1 графічної частини.

Слід зазначити, що природна температура конденсації в холодний період року дозволяє знизити енергоспоживання компресора в зв'язку зі зменшенням роботи що витрачається на стиснення питомого обсягу парів холодильного агента (на діаграмі рис.9.5 - процес між точками 1-2). Як видно з даної діаграми, підвищення температури конденсації, тягне за собою збільшення роботи компресора.

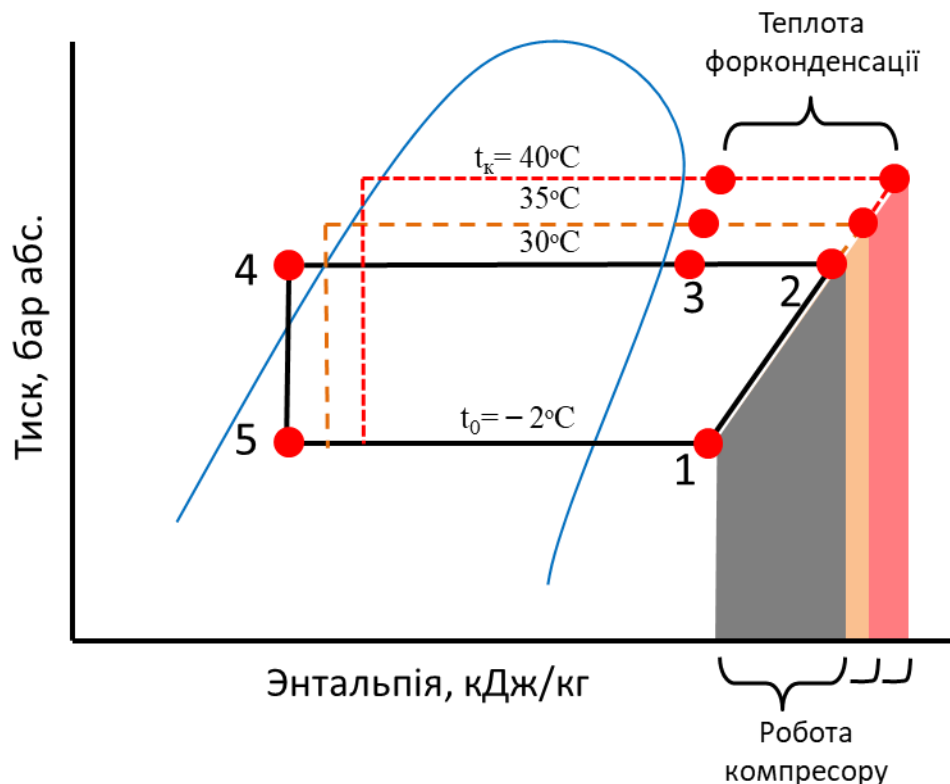


Рис.9.5 - Зміна роботи компресора при підвищенні температури конденсації

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Відповідно, температурний рівень води, що очікується отримати на виході з форконденсатора і представляє цікавість з точки зору практичного застосування, повинен відповідати температурі конденсації 30°C і вище.

Для подальшого аналізу було прийнято рішення виділити 4 основних значення температур конденсації 30, 35, 40, 45°C.

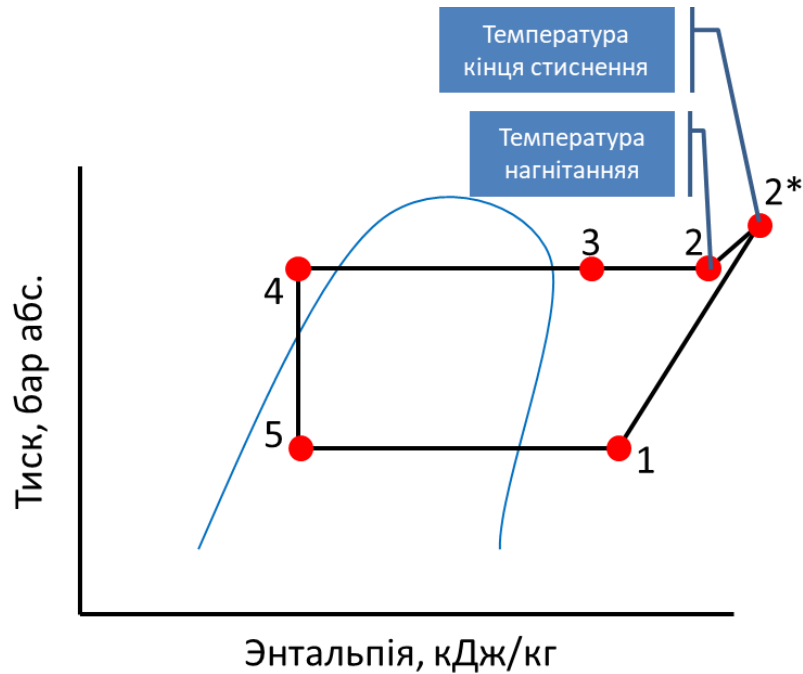


Рис. 9.6 Діаграма з відображенням процесу надлишкового стиснення парів холодоагенту компресором з подальшим демпферуванням в трубопроводі

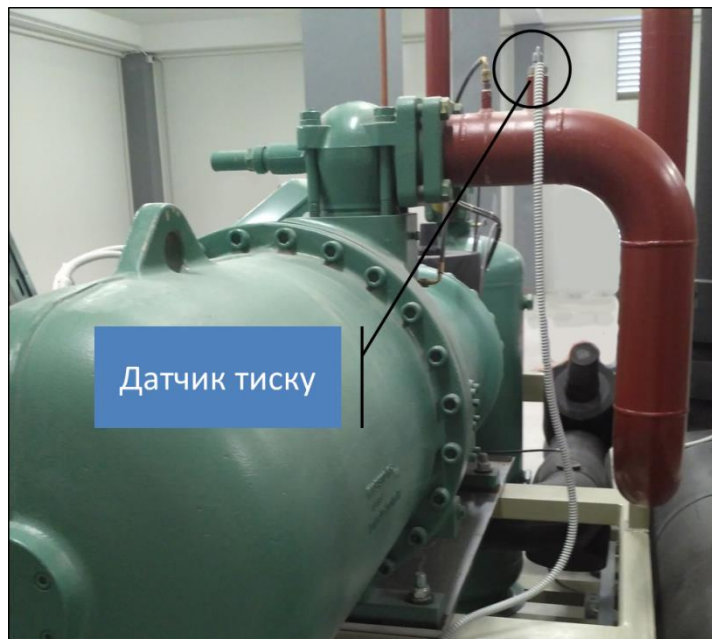


Рис. 9.7 Місці встановлення датчика тиску.

Варто звернути увагу на те, що температури нагнітання наведені в таблиці мають розбіжність з температурами знятими з пульта моніторингу безпосередньо на об'єкті. Це обумовлено особливістю розміщення датчика тиску. Компресор має фактичну ступінь стиснення, яка не залежить від режимів його роботи і є постійною величиною. У конструкції передбаченої виробником позначений режим роботи компресора $t_0 / t_k = -15 / + 35^\circ\text{C}$. При використанні компресора в режимі відмінному від стандартного, закладена геометрична ступінь стиснення залишається незмінною, отже при підвищенні температури кипіння до $t_0 = -2^\circ\text{C}$ в конкретному випадку тягне за собою зайву компресію парів холодоагенту що на мал.3.6 відповідає точці 2*. Надлишково стиснутий пар демпферує вже безпосередньо в першому метрі нагнітального трубопроводу і приходиться до усталеного значення тиску конденсації (точка 2). Проте, існуюче розташування датчика тиску показане на рис. 9.7 за показаннями якого відбувається подальша інтерпретація в температуру нагнітання, можливо, перебуває в зоні, де пар ще знаходиться в стані надлишково стиснення, відповідно, і його свідчення будуть завищені.

Для підтримки тиску нагнітання було підібрано пілотний клапан ICS виробництва компанії Danfoss що керується за налаштуванням пілота CVP, роздруківка програми підбору наведена на рис. 9.8.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Coolselector2



Информация о проекте

Название проекта:
 Комментарии:
 Создатель:
 Coolselector2 версия:
 Распечатано:
 Используемые настройки:

Регулирующий клапан: Регулирующий клапан 1

Условия работы

Хладагент:	R717	Масс. расход в трубопроводе:	10070 kg/h
Холодопроизводительность:	461,9 kW	Теплопроизводительность:	548,9 kW
Температура кипения:	-2,0 °C	Температура конденсации:	30,0 °C
Давление кипения:	2,722 bar	Давление конденсации:	7,702 bar
Полезный перегрев:	8,0 K	Переохлаждение:	2,0 K
Дополнительный перегрев:	0 K	Дополнительное переохлаждение:	0 K
Температура нагнетания:	49,5 °C		
Система и трубопровод:	<i>DX-схема. Нагнетательный</i>		
Критерии выбора:	<i>Перепад давления: 0,200 bar</i>		

Выбор: ICS 100



Тип	ICS 65	ICS 80	ICS 100	ICS 125	ICS 150
NS	65	80	100	125	150
Kv [m³/h]	70	85	142	207	354
DP_100 [bar]	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
DP_min [bar]	0,118	0,118	0,099	0,121	0,095
Kv_calc [m³/h]	70	85	133,8	137,9	160,6
DP [bar]	0,695	0,452	0,174	0,163	0,119
DT_sat [K]	3,3	2,1	0,8	0,7	0,5
Степень открытия [%]	100	100	88	60	35
Нагрузка [%]	179	147	88	60	35
Возможна неполная нагрузка [%]	9	11	16	26	39
Скорость на входе [m/s]	21,44	15,57	9,24	6,11	4,18
Состояние клапана	Открытый	Открытый	Частично открытый	Частично открытый	Частично открытый

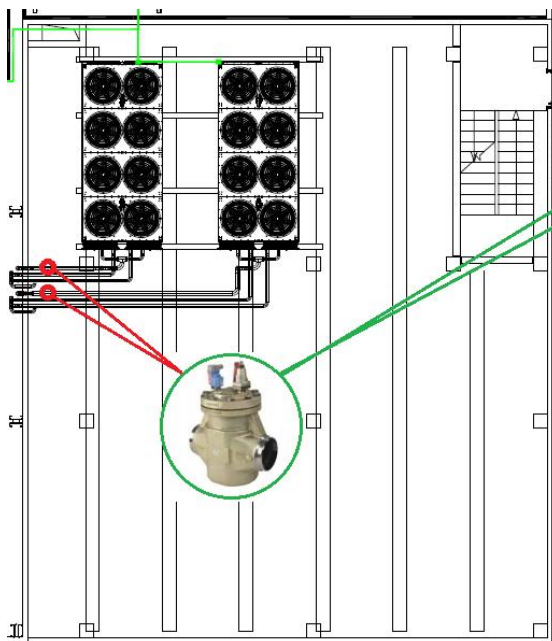
Рис. 9.8 – Підбір регулятора тиску «до себе» ICS компанії Danfoss

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

На рис. 9.9а зображено рекомендоване місце врізки клапана на плані підприємства,. На рис. 9.9б показана фотографія з існуючої прокладки трубопроводів з рекомендованими точками врізки клапана.

Клапан встановлюється на трубопроводі подачі гарячої пари R717 в конденсатор.

Над місцем установки клапанів рекомендується виконати навіс для захисту від атмосферних опадів.



а) б)

Рис. 9.9 - Рекомендоване місце установки клапана підтримки тиску до себе ICS

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6

Арк.

66

9.3 Підбір теплообмінного обладнання системи форконденсації

У якості форконденсатора використовується нерозбірний паяний пластинчастий теплообмінник. Для обрання оптимальної моделі був проведений віріантний розрахунок за допомогою програмного забезпечення наданого виробниками обладнання. З поміж доступних варіантів для подальшого порівняння було обрано три моделі. Детальні технічні роздруківки приведені у рис. 9.10-9.12, та зведені у порівняльну таблицю 9.1. З точки зору відношення технічних характеристик до ціни апарату, було обрано теплообмінник СВ200-150Н виробництва Alfa Laval.

Таблиця 9.1 – Порівняльна таблиця ПТО для форконденсації

Марка	Alfa Laval СВ200-150Н	Alfa Laval СВ200-124Н	Danfoss В3-260В-154-Н
Теплова потужність	59 кВт ±2%		
Холодильний агент	R717		
Температура входу / виходу холодильного агента	62,9/43,0 °С		
Теплоносій	Вода		
Температура входу / виходу теплоносія	42/52°С		
Втрати тиску на стороні холодильного агента	30 кПа ±2%		
Втрати тиску на стороні теплоносія	50 кПа ±2%		
Площа теплообміну	32,56 м ²	26,8 м ²	35,28 м ²
Запас теплової потужності	32,7 %	24,5%	7%
Габарити т / о блоку	742 x324 x 416	506 x 324 x 992	444 x 363 x 796
Вага незаповненого т / о	125 кг	109 кг	162.8

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Brazed Plate Heat Exchanger



Technical specification

Model : CB200-150H(32870 7339 9)

Units : 1

		Hot side Primary side(S4)	Cold side Secondary side
Fluid		R717	Water
Mass flow rate	kg/h	9917	5101
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	0.000
Inlet temperature	°C	62.9	42.0
Dew p.	°C		
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	43.0	52.0
Operating pressure(In/Out)	bara	10.2/9.88	
Pressure drop	kPa	29.4	0.504
Velocity connection(In/Out)	m/s	12.1/11.0	0.265/0.266
Heat exchanged	kW	59.15	
Heat transfer area	m ²	32.56	
O.H.T.C clean conditions	W/(m ² *K)	591.6	
O.H.T.C service	W/(m ² *K)	446.0	
Fouling resistance*10000	m ² *K/W	0.0	
Margin	%	32.7	
Mean Temperature Difference	K	4.1	
Relative directions of fluids		Countercurrent	
Number of passes		1	1
Materialplate/ brazing		Alloy 316 / Cu	
ConnectionS1 (Cold-Out)		Flanged/ DN80 / PN25 DIN2635 (LFS23) Alloy	
316			
ConnectionS2 (Cold-In)		Flanged/ DN80 / PN25 DIN2635 (LFS23) Alloy	
316			
ConnectionS3 (Hot-Out)		Welding/ 88.9 (WS21) Alloy 316	
ConnectionS4 (Hot-In)		Welding/ 88.9 (WS21) Alloy 316	
Pressure vessel code		PED	
Design pressure at 90.000000 Celsius	Bar	30.0	30.0
Design pressure at 225.000000 Celsius	Bar	25.0	25.0
Design temperature	°C	-196.0/225.0	
Overall length x width x height	mm	576 x 324 x 992	
Net weight, empty / operating	kg	125 / 200	
Package length x width x height	mm	912 x 685 x 1080	
Package weight	kg	18.00	

Price RCPL incl Extras

Performance is conditioned on the accuracy of customers data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Program version – 5.58, Design 2-Phase

Рис. 9.10 – Роздруківка технічних параметрів обраного пластинчатого теплообмінного апарату. Варіант 1.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Brazed Plate Heat Exchanger



Technical specification

Model : CB200-124H(32870 7339 8)
 ItemName : Date : 14.12.2016
 Units : 1

		Hot side Primary side(S4)	Cold side Secondary side
Fluid		R717	Water
Mass flow rate	kg/h	9917	5101
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	0.000
Inlet temperature	°C	62.9	42.0
Dew p.	°C	43.0	
Outlet temperature(vapor/liquid)	°C	10.2/9.76	52.0
Operating pressure(In/Out)	bara	41.3	
Pressure drop	kPa	12.1/11.0	0.692
Velocity connection(In/Out)	m/s		0.265/0.266
Heat exchanged	kW	59.15	
Heat transfer area	m ²	26.84	
O.H.T.C clean conditions	W/(m ² *K)	673.7	
O.H.T.C service	W/(m ² *K)	541.1	
Fouling resistance*10000	m ² *K/W	0.0	
Margin	%	24.5	
Mean Temperature Difference	K	4.1	
Relative directions of fluids		Countercurrent	
Number of passes		1	1
Materialplate/ brazing		Alloy 316 / Cu	
ConnectionS1 (Cold-Out)		Flanged/ DN80 / PN25 DIN2635 (LFS23) Alloy 316	
ConnectionS2 (Cold-In)		Flanged/ DN80 / PN25 DIN2635 (LFS23) Alloy 316	
ConnectionS3 (Hot-Out)		Welding/ 88.9 (WS21) Alloy 316	
ConnectionS4 (Hot-In)		Welding/ 88.9 (WS21) Alloy 316	
Pressure vessel code		PED	
Design pressure at 90.000000 Celsius	Bar	30.0	30.0
Design pressure at 225.000000 Celsius	Bar	25.0	25.0
Design temperature	°C	-196.0/225.0	
Overall length x width x height	mm	506 x 324 x 992	
Net weight, empty / operating	kg	109 / 172	
Package length x width x height	mm	912 x 685 x 1080	
Package weight	kg	18.00	

Performance is conditioned on the accuracy of customers data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Рис. 9.11 – Роздруківка технічних параметрів пластинчатого теплообмінного апарату. Варіант 2.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69



Danfoss Hexact(v5.3.18)

Всеобщий РС - Однофазный - Паяный пластинчатый ТО-к: ВЗ-260В-154-Н

Заказчик:

Рекомендация:

Бланк Данфосс:

Расчетные параметры

Сторона 1

Сторона 2

Направление потока:			Противоток
Нагрузка:	kW		59,00
Входная темп-ра:	°C	42,00	62,90
Выходная темп-ра:	°C	52,00	43,00
Массовый расход:	kg/s	1,412	2,745
Объемный расход:	L/min	85,398	166,354
Макс. потери давления:	kPa	50,00	80,00
Abs.Давление насыщения - Выход:	bar	--	80,00

Технические данные

Общая площадь:	m ²		36,02
MTD:	K		3,51
Коэф-т теплопередачи (реальный/требуемый):	W/m ² -K		470/467
Тепловой поток:	kW/m ²		1,638
Потери давления - Итого:	kPa	0,26	17,97
- Канал:	kPa	0,26	17,47
- в портах:	kPa	0,01	0,50
Скорость в каналах:	m/s	0,02	0,96
Скорость в портах:	m/s	0,12	5,12
Коэффициент теплоотдачи:	W/m ² -K	2503,2	587,7
Диаметр портов:	mm	125,0	125,0
Количество единиц переноса:		2,849	5,691
Кол-во каналов:		76Н	77Н
Кол-во пластин:			154
Запас поверхности:	%		0,8

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактор загрязнения:

$m^2\text{-K/kW}$

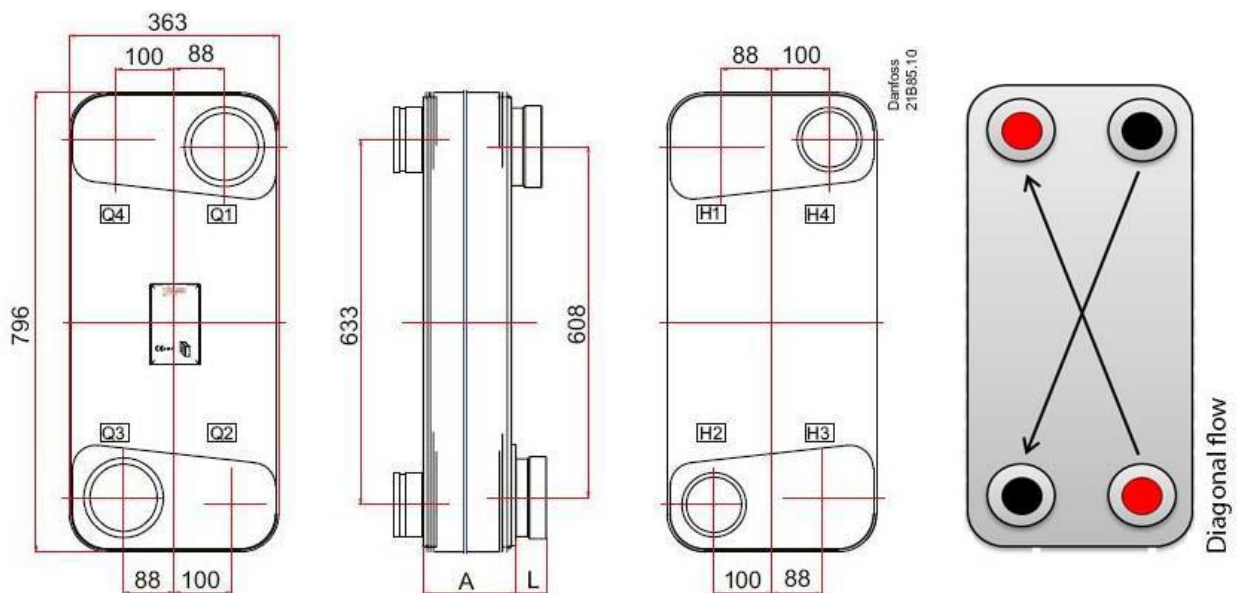
0,017732

Свойства теплоносителя

Тип среды:		Вода	R717(10,20bar)
Число Рейнольдса		172	15993
Исходная темп-ра:	°C	47,00	52,95
Средняя темп-ра стенки:	°C	48,05	46,79
Dynamic viscosity:	mPa-s	0,5780	0,0129
Динамическая вязкость:	mPa-s	0,5676	0,0127
Плотность:	kg/m ³	990,2	46,2
Тепловая нагрузка:	kJ/kg-K	4,178	1,076
Теплопроводность:	W/m-K	0,636	0,016



B3-260B-154-H



Кіл-сть пластин:	154
A: (mm)	444,2
L: (mm)	25,0
Вес (kg):	162,88
Об'єм канала (L):	Q1 Q3 Сторона: 46,200 / Q2 Q4 Сторона: 45,600
Расчетное давление(Макс.) (bar):	20
Расчетная темп-ра(макс./минимал.) (°C):	-196 / +200

Рис. 9.12 – Роздруківка технічних параметрів пластинчатого теплообмінного апарату. Варіант 3.

9.4 Розрахунок додаткових витрат на підтримку температури конденсації

Для визначення кількості електроенергії (надалі ел. Ен.), Перевитрата якої припадає на підтримку штучної температури конденсації, необхідно зіставити існуючий режим роботи компресора при природній температурі конденсації, з режимом при штучно підтримуваній протягом тимчасового періоду. Для порівняння режимів був обраний період з 01.10.23 по 01.04.24 так званого «опалювального сезону», коли спостерігається найбільша потреба в гарячій воді для потреб опалення та систем гарячого водопостачання.

За даними архіву метеостанції була побудована крива зміни температури зовнішнього повітря для міста Одеса за даний період. Крива що описує зміну температури конденсації була побудована з огляду на поточну уставку на підприємстві $t_k = t_z + 10^\circ\text{C}$.

Для періодів, коли була справедлива така умова $t_z + 10^\circ\text{C} < 20^\circ\text{C}$, температура конденсації приймалася $t_k = 20^\circ\text{C}$, як мінімальна температура конденсації, за даними виробника, при якій здійснюється стабільна робота компресора. Також на рис. 9.13 відзначена мінімальна доцільна, для утилізації теплоти, температура конденсації. Розташування кривих показало, що протягом досліджуваного періоду, температуру конденсації необхідно буде підтримувати штучним шляхом. На рис. 9.14. зображений графік відображає споживану потужність компресора за той же період. Даний графік явно позначає області надлишкового споживання ел. ен. для різних температур конденсації.

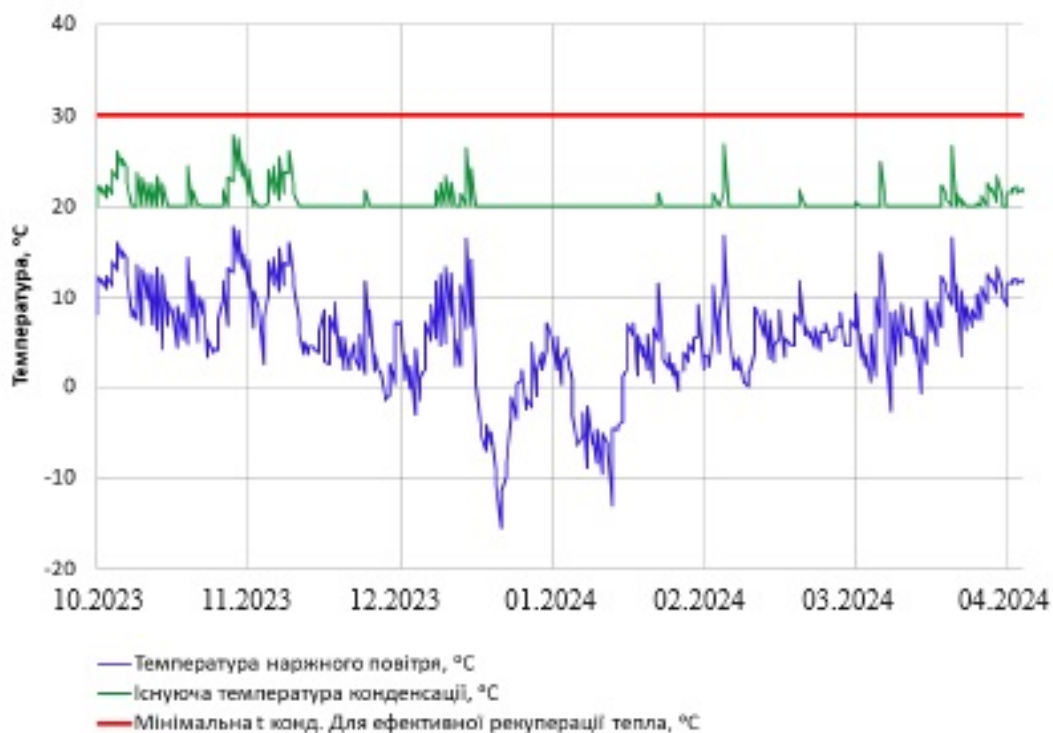


Рис. 9.13 - Зміна температури повітря в Одесі в період з 01.10.23 по 01.04.24

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

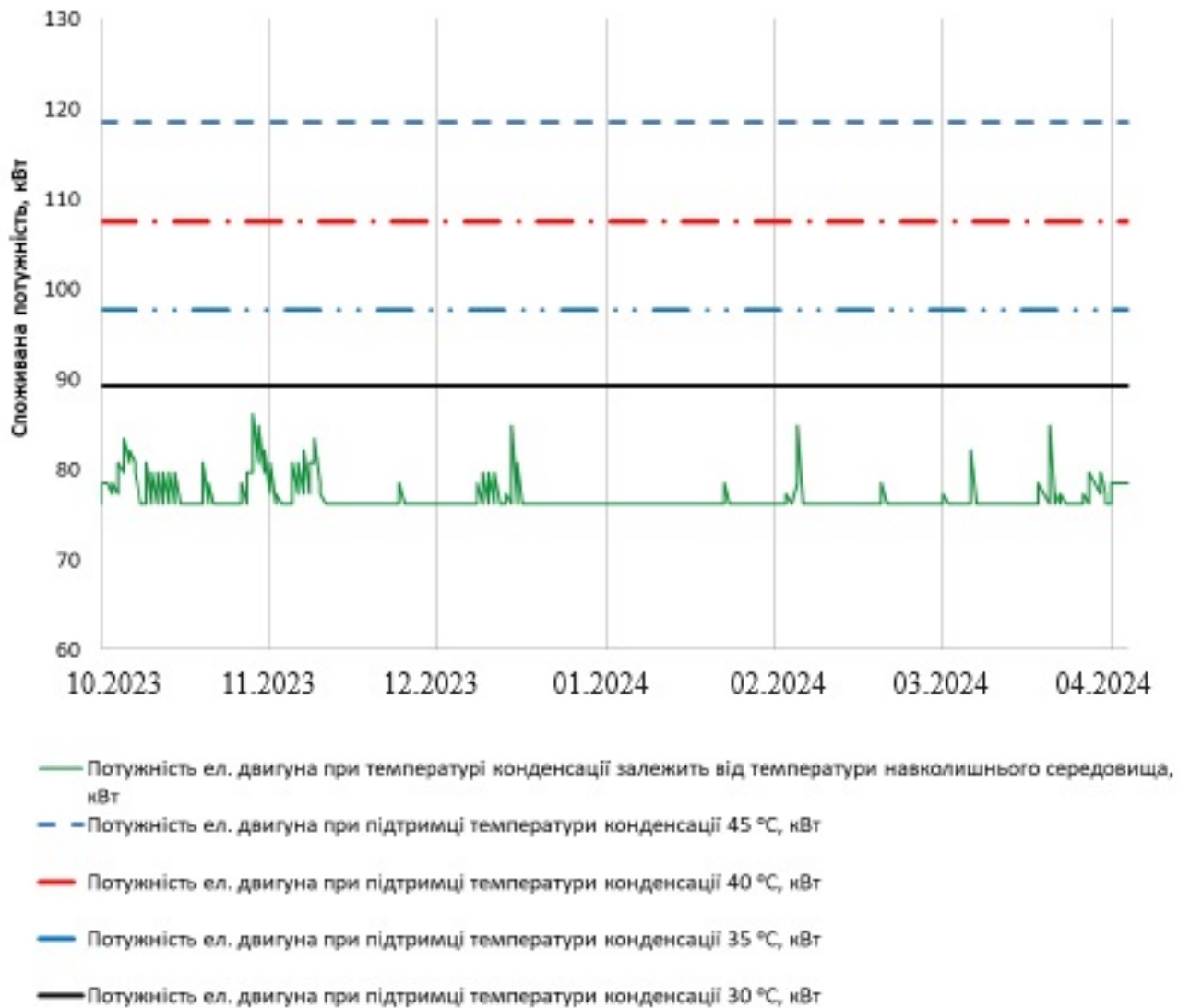
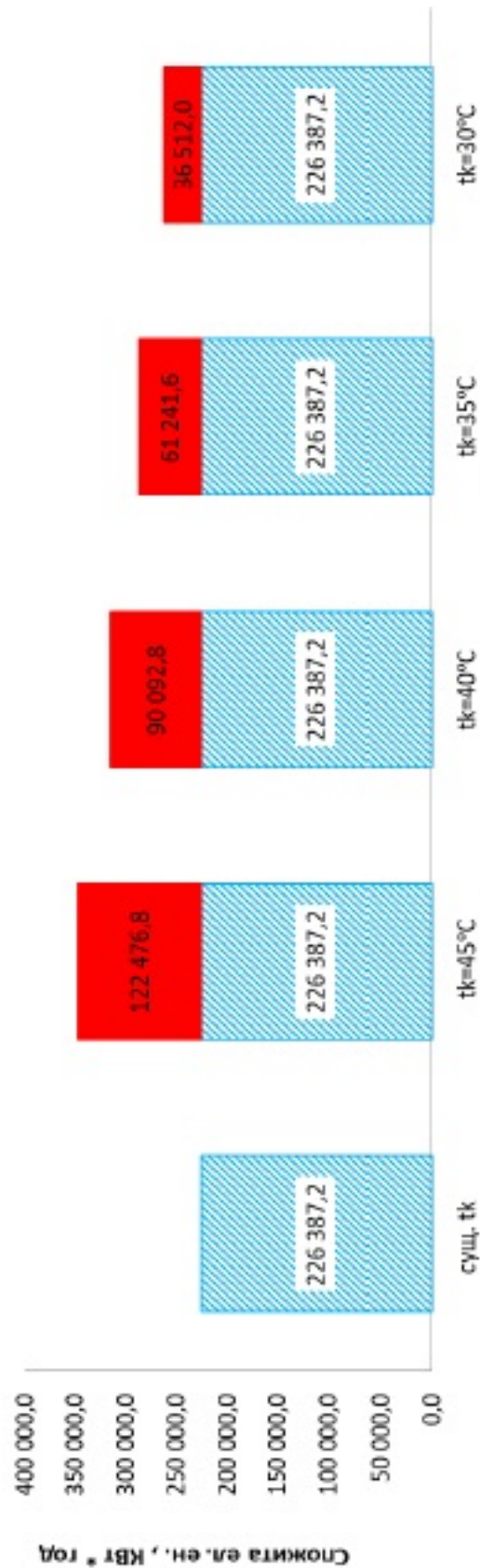


Рис.9.14 - Зміна споживаної потужності компресора в період з 01.10.23 по 01.04.24

Грунтуючись на припущенні, що середнє навантаження на компресор становить 80% від його повної продуктивності, а також тривалість добової роботи становить 20 годин, був проведений розрахунок кількості передбачуваного повного споживання кВт*год одним компресором за період з 01.10.23 по 01.04.24. Розрахунок був виконаний як для природної температури конденсації, так і для чотирьох варіантних температур конденсації, що пропонується підтримувати штучно. Дані зведені в діаграму на мал. 9.15, також на мал. 9.16 вони представлені в грошовому еквіваленті. Вартість ел. ен. прийнята за даними наданими підприємством і становить 2,640 грн. за 1 кВт*год. Також передбачається, що зниження теплового навантаження на конденсатор, у зв'язку з відбором теплоти в форконденсаторі, спричинить за собою скорочення часу роботи вентиляторів конденсатора і тим самим знизить загальне енергоспоживання системи. У зв'язку з відсутністю можливості визначити зміну в часі роботи вентиляторів, дане припущення не братиметься до уваги при розрахунку економічного ефекту.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



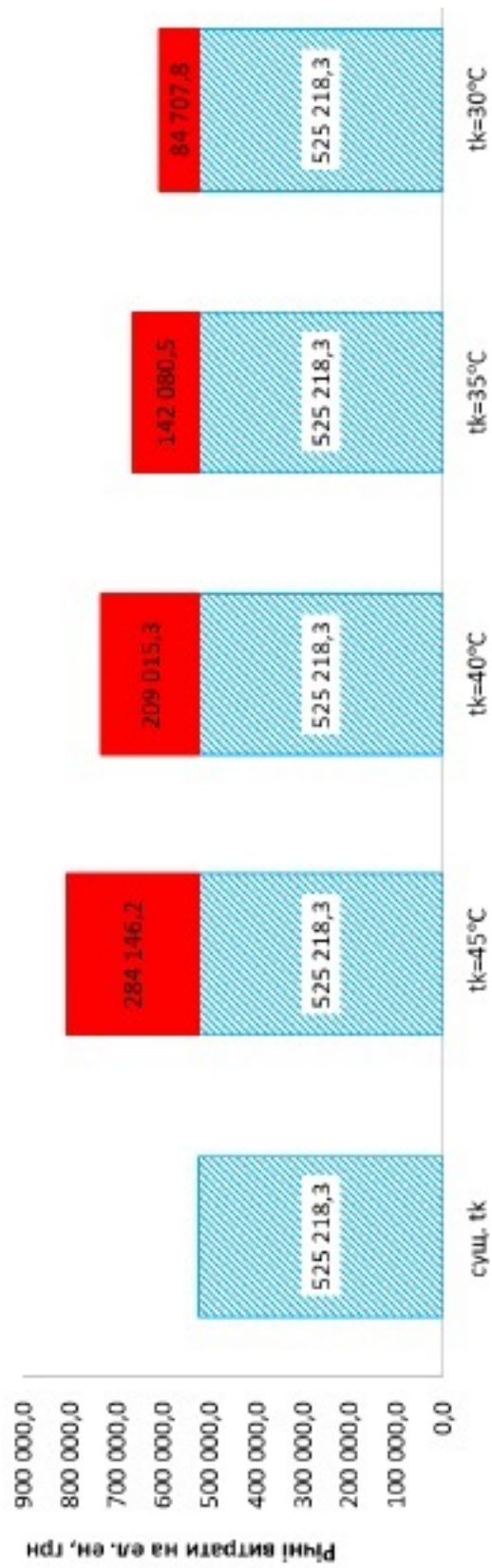
Підтримувана температура конденсації

■ Загальне перевищення споживання ел. ен. в період з 10.23 по 04.2024 для підтримання заданої температури конденсації, кВт*год

▨ Загальне перевищення споживання ел. ен. спожитої компресором в період з 10.23 по 04.2024 при температурі конденсації залежить від температури навколишнього середовища, кВт*год

Рис. 9.15 - Порівняння перевитрати ел. ен. , кВт*год

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------



Підтримувана температура конденсації

■ Загальне перевищення споживання ел. ен. в період з 10.23 по 04.2024 для підтримання заданої температури конденсації, кВт·год

▨ Загальна кількість ел. ен. спожитої компресором в період з 10.23 по 04.2024 при температурі конденсації залежить від температури навколишнього середовища, кВт·год

Рис. 9.16 - Порівняння перевитрати ел. ен. у грошовому еквіваленті, грн

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

9.5 Порівняння витрачених і отриманих при утилізації енергетичних ресурсів

По закінченню проведення варіантних розрахунків, необхідно визначити доцільність утилізації теплоти конденсації, і якщо така є, то визначити термін окупності вкладених інвестицій в обладнання системи форконденсації. На рис.9.17 представлена діаграма порівняння витраченої ел. ен. на підтримку заданої температури конденсації з кількістю утилізованої теплоти в еквіваленті кВт * год

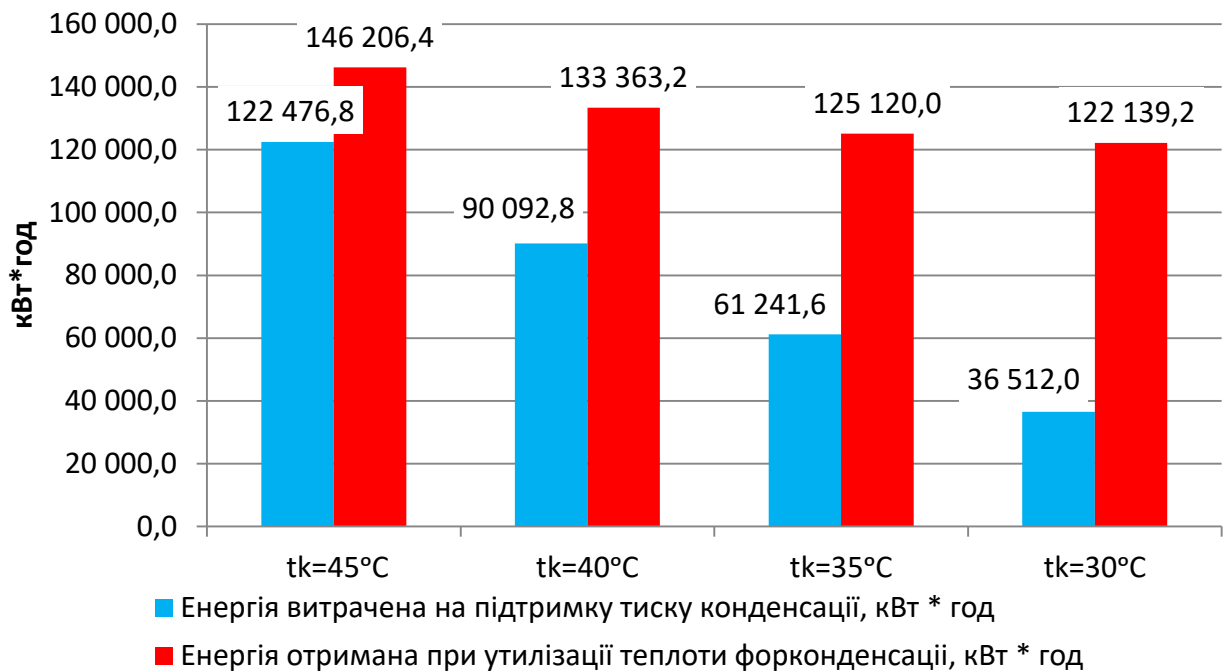


Рис. 9.17 - Порівняння перевитраченої ел. ен. з отриманої від зняття теплоти форконденсації в еквіваленті кВт * год

Дані представлені на рис. 9.18 виражені на діаграмі рис. 9.19 в грошовому еквіваленті. Аналіз зазначених вище графіків показує, що всі режими підтримки температури конденсації з фінансової точки зору є виправданими тому при їх реалізації кількість теплоти перевищить вартість ел. ен. витраченої на її виробництво. Окремо варто відзначити режими підтримки температури конденсації tk = 35°C і tk = 30°C, при яких співвідношення витраченої енергії до утилізованої становить 2,04 і 3,34 відповідно, що досягає показників ефективності теплового насоса. Як перевага, дане рішення, на відміну від теплового насоса, залишається працездатним при температурі навколишнього повітря - мінус 15°C і нижче, а незрівнянно мала кількість рухомих частин - безсумнівно підвищує надійність системи.

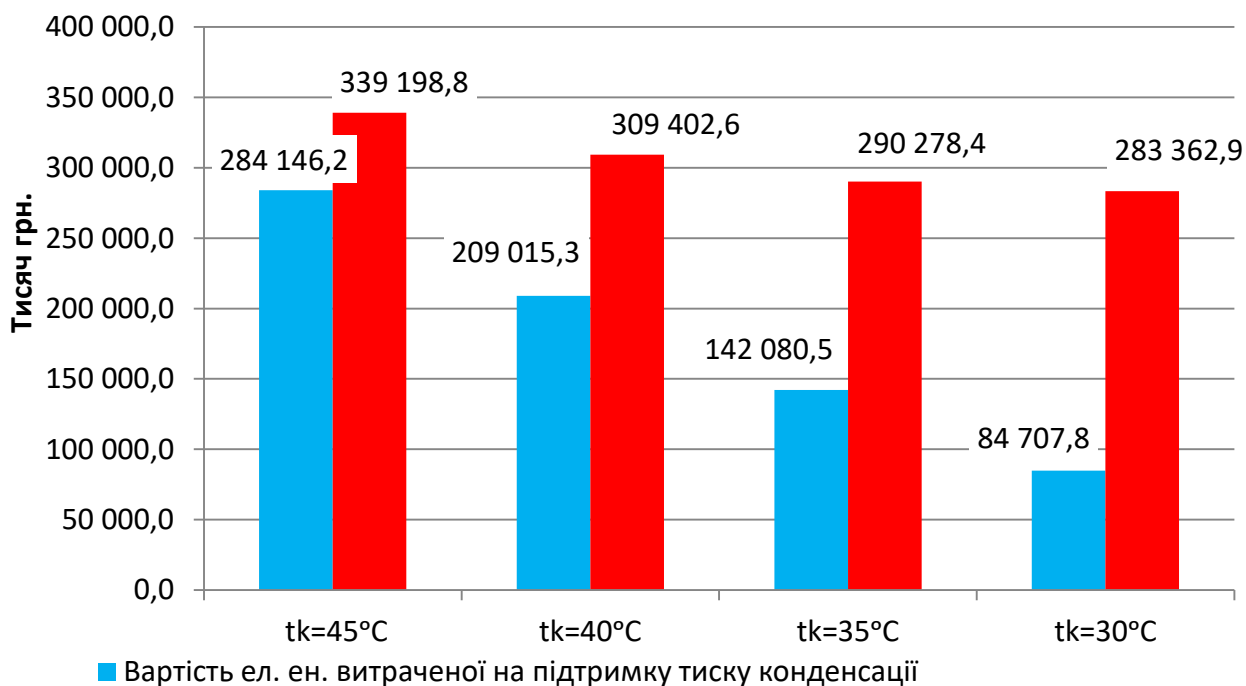
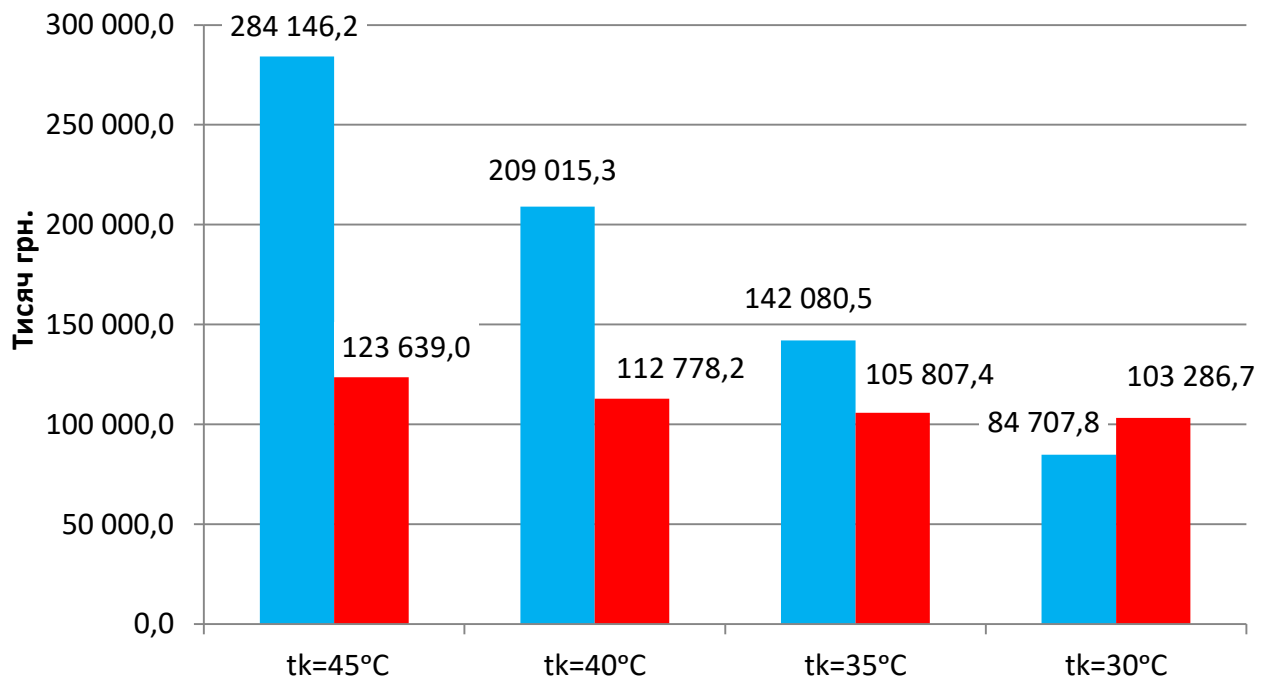


Рис. 9.18 - Порівняння вартості перевитраченої ел. ен. з вартістю ЕНЕРГІЇ форконденсації в еквіваленті кВт * год, грн.

В якості варіативного розрахунку проводилося порівняння вартості витраченої ел. ен. в порівнянні з вартістю природного газу марки G20, спалювання якого дозволило б отримати еквівалентну кількість теплоти, що передбачається утилізувати в форконденсаторі. Дане порівняння представлено на рис. 9.19.

Як видно з рисунку, всі представлені режими роботи за винятком варіанта при tk = 30°C - є невиправданими. Причиною цього є висока теплота згоряння природного газу (34,02 МДж), що в перерахунку на еквівалент кВт* год складає 8,5 кВт * год. Так, спалювання 1 м³ газу в сучасній котельні має ККД 90%, при поточній ціні на газ рівній 7,88 грн / м³, вартість одного виробленого кВт*год енергії дорівнюватиме 0,845 грн. в порівнянні з 2,320 грн. за кВт * год ел. ен.



■ Вартість ел. ен. витраченої на підтримку тиску конденсації

■ Вартість природного газу, спалювання якого дасть еквівалентну кількість енергії отриманої від зняття теплоти форконденсації

Рис. 9.19 - Порівняння вартості перевитрачених ел. ен. з вартістю енергії форконденсації в еквіваленті спалювання природного газу (G20), грн.

9.6 Розрахунок термінів окупності

Для визначення терміну окупності системи утилізації теплоти конденсації, було розроблено принципове схемне рішення (графічна частина, презентація), а так само в таблиці 9.2, надано техніко-комерційну пропозицію на поставку основного обладнання та запірної арматури. Ціни вказані в USD по курсу 1USD = 39,830грн. на момент закриття міжбанку 11.05.2024. Загальна сума в національній валюті складе 634 922,064 грн. з ПДВ.

Виходячи з отриманих даних, сума очікуваної економії при використанні утилізованої теплоти форконденсації повинна скласти 213061,09 грн. при підтримці температури конденсації 35°C, і 279 701,35 грн. при підтримці 30°C.

Таблиця 9.2 – Зведена вартість системи утилізації теплоти форконденсації

Поз.	Найменування	Од.	Кількість	Ціна без ПДВ, USD	Сума без ПДВ, USD
P200	Паяний теплообмінник Alfa Laval CB200-174H	шт	1	8 280,85	8 280,85
TE200.01	Заглибний датчик з кабелем і гільзою під зварювання AKS 21 W	шт	1	70,86	70,86
V200.02	Вентиль голковий кутовий SNV-ST G1/2"-W1/2 L100	шт	1	47,64	47,64
PI200.03	Манометр ДМ05063-1,6 МПа-2,5-05-М-Г (M20x1,5 зовнішня)	шт	1	8,59	8,59
V200.04	Клапан ICS 100 B	шт	1	1 853,88	1 853,88
V200.05	Пілотний клапан CVP HP (4-22 бар)	шт	1	259,56	259,56
V200.06, V200.07, V200.08	Вентиль запірний SVA-S 80 D STR	шт	3	274,68	824,04
TI200.09	Термометр біметалічний ТБ-63-100 0-150-2,5-0	шт	1	9,72	9,72
V100.01, V100.09, V100.14, V100.15,	Вентиль кульовий запірний муфтовий Auvaz SK-120 DN50	шт	4	32,05	128,20
V100.02	Вентиль кульовий запірний муфтовий Auvaz SK-120 DN15	шт	1	3,70	3,70
F100.03	Фільтр сітчастий муфтовий Auvaz YS-600 DN50	шт	1	21,64	21,64

V100.04, V100.06	Кран манометричний кульовий зі спусковим пристроєм	шт	2	4,13	8,26
PE100.05	Датчик тиску AKS 33, -1/6 бар, 4-20 мА, G1/4	шт	1	90,54	90,54
PI100.07	Манометр ДМ05063-1,6 МПа-2,5-05-М-Г (М20х1,5 зовнішня)	шт	1	8,59	8,59
	Вентиль трехходовый HRB 3 DN50 муфтовый	шт	1	84,44	84,44
	Редукторный электропривод AMB 162	шт	1	71,26	71,26
	Контроллер ECL Comfort 110	шт	1	243,73	243,73
TI100.11, TI100.12	Термометр біметалічний ТБ-63-50 0-120-2,5-0	шт	2	6,16	12,32
P100	Насос Grundfoss	шт	1	638,68	638,68
V300	Бак акумулятор 2000 літрів	шт	1	617,50	617,50
Всього без ПДВ:					13 284,00
ПДВ:					2 656,80
Всього з ПДВ:					15 940,80

Термін окупності обладнання без урахування монтажних робіт і матеріалів, а також з допущенням, що ціна на енергоресурси залишиться незмінною протягом усього терміну окупності, розраховувався за формулою:

$$K = C_{об} / C_p \quad (9.6.1)$$

де $C_{об}$ – вартість основного обладнання та арматури, 634 922,064 грн.

C_p – очікувана економія енергоресурсів при заданому режимі роботи, грн.

Для роботи в режимі підтримки температури конденсації 35 °С і очікуваної температури теплоносія на виході з форконденсатора 37 °С, термін окупності складе:

$$K_{35} = C_{об} / C_p = 634\,922,064 / 213\,061,09 = 2,98 \text{ років}$$

Для роботи в режимі підтримки температури конденсації 30 °С і очікуваної температури теплоносія на виході з форконденсатора 32 °С, термін окупності складе:

$$K_{30} = C_{об} / C_p = 634\,922,064 / 279\,701,35 = 2,27 \text{ років}$$

З огляду на порівняно малу потребу в гарячій воді, в розрахунок терміну окупності не входила економія енергоресурсів в літній період року, коли при природній температурі конденсації існує можливість утилізації теплоти високого потенціалу для підігріву води для господарських потреб.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 Економічний розділ

У проекті розглядається оснащення фруктосховища місткістю 1300 тон двома різними холодильними установками: система з безпосереднім кипінням хладону R 404a і аміачна система з агрегатованим водоохолоджувачем. Метою цього розділу є техніко-економічна оцінка запропонованого до будівництва об'єкту і доказ економічної доцільності пропонованого варіанту.

Капітальні витрати на обидві системи орієнтовно порівнянні, за винятком витрат на пластинчаті теплообмінники в системі з проміжним хладоносителем. Основну статтю експлуатаційних витрат складають витрати на енергоспоживання компресорних агрегатів, а також витрати на споживання води при експлуатації пластинчатого конденсатора. Інші позиції експлуатаційних витрат в холодильних установках, які ми оцінюємо, порівнянні.

Будівництво і оснащення холодильним устаткуванням передбачається завершити протягом восьми місяців. На даний час до України експортується велика кількість цитрусових фруктів, таких як апельсини, мандарини і лимони. Дане підприємство орієнтоване на тривале зберігання і реалізацію фруктів дрібнооптовими партіями до супермаркетів. Таким чином, термін окупності підприємства буде проводитися виходячи з прибутку від різниці між ціною закупівлі і ціною реалізації, з урахуванням річних експлуатаційних витрат, в співвідношенні з повними капітальними витратами на споруду будівлі і оснащення устаткуванням.

У розділі економічних розрахунків і маркетингового аналізу представлені наступні пункти:

- маркетинговий аналіз товару, ринку;
- розрахунок капітальних вкладень;
- розрахунок річних експлуатаційних витрат;
- оцінка економічної ефективності;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

- звітна таблиця техніко-економічних показників.

10.1 Маркетинговий аналіз товару

Проведемо класифікаційну оцінку проекту по критеріях:

- клас: мультипроект;
- тип: комерційний;
- вигляд: інноваційний;
- тривалість: довгостроковий;
- рівень: регіональний.

У останні декілька років спостерігаються високі темпи розвитку міжнародного ринку свіжих апельсинів і лимонів, що підтверджується даними про виробництво, споживання і торгівлю. Тоді як в традиційних країнах-постачальниках рівень випуску і споживання залишається на колишньому рівні або знижується, в країнах, що розвиваються, виробництво і споживання цитрусових зростає. Значні зміни, події, в пакувальному і переробляю чому секторах були обумовлені строгішими вимогами до якості і стандартів безпеки харчової продукції з боку споживачів. Найбільшими виробниками свіжих цитрусових виступають Австралія, Аргентина, Іспанія, Китай, Мексика, США, Чилі і ЮАР (більше 2/3 всього мирового виробництва). Сектори, апельсини, що традиційно проводять, і лимони, випускають також інші види цитрусових. Всього цитрусові вирощуються більш ніж в 100 країнах між 40 північною і 40 південної широти, переважно в двох кліматичних зонах тропічної/субтропічної і помірною середземноморською.

У 2023 р. світовий випуск цитрусових досяг 113 млн. т, з них приблизно 2/3 доводилося на апельсини. Свіжі і перероблені апельсини складають близько 60% всіх продажів цитрусових. Світове споживання цитрусових, так само як і світове виробництво, значно зросло за останніх 20 років, що пов'язане із змінами в перевагах споживачів і з можливістю забезпечення високих стандартів при нижчих цінах.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Ринок цитрусових відрізняється від ринків інших видів фруктів більш великими цінами. З 2015 р. по 2023 р. щорічне збільшення світового виробництва цитрусових складало в середньому 3%. За даний період випуск виріс приблизно на 80%, головним чином, за рахунок збільшення виробництва в країнах, що розвиваються; посадочна площа розширилася більш ніж на 50% і досягла 5 млн. га. В той же час в найбільших країнах-продуцентах, зокрема в США і Іспанії, випуск цитрусових виріс менш ніж на 5%. На першому місці по виробництву всіх видів цитрусових знаходиться Китай (випускає, головним чином, мандарини і апельсини); за ним слідує Мексика (апельсини і лайми), Іспанія (апельсини, клементини і лимони), ЮАР (апельсини і лимони), Аргентина (лимоні і апельсини), Австралія (апельсини і лимони) і Чилі (апельсини і лимони).

Таким чином, споруда і експлуатація фруктосховища економічно виправдана, підприємство окупиться в короткий час і, надалі, приноситиме постійний прибуток.

10.2 Економічні розрахунки

Метою цього розділу є техніко-економічна оцінка запропонованого до будівництва об'єкту і доказ економічної доцільності запропонованого варіанту.

Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення в холодильний об'єкт (K_x):

$$K_x = K_{uc} + K_{буд} + K_{спор} + K_{ком} \quad (10.1)$$

де K_{uc} , $K_{буд}$, $K_{спор}$, $K_{ком}$ - капітальні вкладення, відповідно, в холодильне устаткування, будівлі, споруди, комунікації.

Розрахункову вартість устаткування складає вартість основного і іншого устаткування, яку приймаємо в розмірі 10% від вартості основного.

У сумарну вартість устаткування включаються також витрати на доставку, монтаж контрольно-вимірювальних приладів, які розраховують в % від розрахункової вартості устаткування.

Капітальні вкладення в будівництво ($K_{зд}$) розраховуються по формулі:

$$K_{зд} = F \cdot h \cdot \Pi_{зд} = 960 \cdot 4 \cdot 2800 = 7680000 \text{ грн} \quad (10.2)$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

де F- виробнича площа, м²;

h- висота виробничого приміщення, м.

Ц_{зд} - середня вартість 1 м² виробничого приміщення,

Ц_{зд}=2000 грн/м³.

Таблиця 10.1 – Розрахунок за вартістю устаткування фреонової системи

№	Найменування устаткування	Тип марка	К-ть штук	Ціна за одиницю грн.	Сумарна вартість грн.
1	Компресор	Bitzer 4J-13.2Y-40P	4	150000	600000
2	Конденсатор повітряний	ACS632C	3	5500	16500
3	Лінійний ресивер	0.75PB	1	12000	12000
4	Дренажний ресивер	0.75ДР	1	12000	12000
5	Мастиловіддільник	65МО	3	2000	6000
6	Мастилозбірник	150 СМ	1	2000	2000
7	Повітроохолоджувач	GDF 030	24	8000	192000
РАЗОМ (у тому числі НДС 20%)					1008600
Транспортні витрати 10%					100860
Монтаж 15%					151290
Вартість будівельних робіт					7680000
Вартість проектних робіт, 20% від вартості устаткування і будівельних робіт					1169400
ВСЬОГО (зокрема ПДВ 20%)					10110150

Таблиця 10.2 – Розрахунок за вартістю устаткування аміачної системи

№	Найменування устаткування	Тип марка	К-ть штук	Ціна за одиницю грн.	Сумарна вартість грн.
1	Водоохолоджувач	GRASSO FX PP 200	2	400000	800000
2	Повітроохолоджувач	GDF 030	24	8000	192000
РАЗОМ (у тому числі НДС 20%)					1190400
Транспортні витрати 10%					1190400
Монтаж 15%					178560
Вартість будівельних робіт					7680000
Вартість проектних робіт, 20% від вартості устаткування і будівельних робіт					1774080
ВСЬОГО (зокрема ПДВ 20%)					12013440

Розрахунок експлуатаційних витрат.

Розрахунок собівартості виробництва холоду.

Собівартість продукції на проектованому холодильнику розраховуються методом калькуляції собівартості 1000 кДж холоду.

Собівартість включає наступні статті витрат:

- 1) Витрати на допоміжні матеріали (холодильний агент, масло і ін.) (C_m).
- 2) Витрати на воду (C_v).
- 3) Витрати на електроенергію, споживану холодильною установкою при виробництві холоду ($C_{эл.}$).
- 4) Витрати по заробітній платі виробничих працівників (C_m).
- 5) Амортизація холодильного устаткування і будівель (C_a).
- 6) Витрати на поточний ремонт устаткування і будівель ($C_{т.р.}$)
- 7) Невраховані цехові витрати (заробітна плата цехового персоналу з відрахуваннями, витрати на охорону праці і техніку безпеки, опалення, освітлення, підтримка чистоти і ін.) ($C_{ц.}$).

						Арк.
					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення кількості проведеного холоду.

Оскільки витрати на виробництво холоду при різних температурах кипіння нерівноцінні, їх слід відносити до умовної величини приведеною холодопродуктивності яка визначається як сума призведений холодопродуктивності в робочих умовах на перевідний коефіцієнт.

Величина перекладного коефіцієнта з робочих умов в стандартне, може бути прийнята залежно від робочої температури кипеня.

Визначимо вироблення холоду в умовних одиницях в робочих умовах:

$$Q_{0\text{раб}} = \sum Q_0 \cdot k \cdot t \cdot n = 39000 \cdot 1.03 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 240 \cdot 4 = 3.33 \cdot 10^9 \text{ кДж/рік} \quad (10.3)$$

де: Q_0 – холодопр-ність компресорів при роботі, Вт;

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

t - час роботи компресора за рік, сек.;

n - кількість компресорів даного типу.

Коефіцієнт, що враховують втрати в трубопроводах і апаратах, приймаємо при безпосередньому охолодженні залежно від температури кипіння холодильного агента – 1.03.

Тоді, вироблення холоду на об'єкті за рік визначимо по формулі (стандартні умови):

$$Q_{0\text{ст}} = \sum Q_{0\text{раб}} \cdot k_n = 3.33 \cdot 0.76 = 2.53 \cdot 10^9 \text{ кДж/рік}$$

де k_n - коефіцієнт перекладу холодопродуктивності з робочих умов в стандартні.

Витрати на допоміжні матеріали приймаємо орієнтовно однакові для обох систем.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Визначимо витрати на допоміжні матеріали:

Ємкість системи по агентіві $G_a=0.5$ т, визначимо по графіку «Тимчасових норм .» норму річної потреби в агентіві для системи з $t_0= 2$ °С і автоматичним випуском повітря з системи: $N=10\%$.

Нормативну потребу в фреоне у звітному періоді визначимо по формулі:

$$G_{\text{ам. отч.}}=N \cdot G_a/100=10 \cdot 0.5/100=0.05 \text{ т.}$$

Розрахунок вартості річного споживання хладагента:

$$C_{\text{га}}= G_{\text{ам. отч.}} \cdot Ц_a=0.05 \cdot 50000=2500 \text{ грн.} \quad (10.4)$$

де $G_{\text{ам. отч.}}$ - річне поповнення системи хладагентом т.

$Ц_a$ - ціна холодильного агента за 1 т, грн.

Річну потребу в змащувальних матеріалах на заповнення уноса можна визначити по формулі:

$$G_M=(g_M \cdot z \cdot t^2/t')/1000=(0.0002 \cdot 6 \cdot 8760^2/5400)/1000=0.017 \text{ т/рік} \quad (10.5)$$

де g_M - витрата масла на I циліндр, кг;

z - сумарне число циліндрів всіх компресорів, шт.;

t - річний час роботи компресора, година ;

t' - нормативний час, через яке масло повинно мінятися, година (в середньому масло міняється раз на рік, $t' = 5400 - 2700$ год.).

Річні витрати на мастило визначимо по формулі:

$$C_M=G_M \cdot Ц_M=0.017 \cdot 240000=4080 \text{ грн} \quad (10.6)$$

де: $Ц_M$ - ціна за I т змащувального масла (з урахуванням транспортних витрат) грн.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок загальної величини витрат на допоміжні матеріали в таблиці 10.3.

Таблиця 10.3 - Витрати на допоміжні матеріали

№	Статті витрат	Вартість, грн.
1	Поповнення системи холодильним агентом	2500
2	Змащувальні масла	4080
3	ИТОГО:	6580
4	Інші невраховані витрати (0.5% від суми статей)	33
5	ВСЬОГО:	6613

Витрати на електроенергію для компресорної холодильної установки з електроприводом можна визначити по формулі:

$$C_{\text{эл}} = \Sigma N_{\text{у}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{доп}} \cdot T \cdot \text{Ц}_{\text{эл}} \quad , \quad (10.7)$$

де: $\Sigma N_{\text{у}}$ – встановлена потужність холодильної установки, кВт;

$\eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{доп}}$ - коефіцієнти завантаження електродвигуна по потужності,

облік витрат електроенергії в електричних межах підприємства і витрат енергії на привід допоміжних механізмів холодильної системи;

T - річний фонд годині роботи холодильної установки на підприємстві, година за рік ($T = 5000 \dots 8000$);

$\text{Ц}_{\text{эл}}$ - вартість 1 кВт·год електроенергії, яка споживається на підприємстві, грн/кВт·ч.

Система на фреоне:

$$C_{\text{эл}} = 89.3 \cdot 0.85 \cdot 1.05 \cdot 1.1 \cdot 8000 \cdot 0.8 = 561090 \text{ грн}$$

Система на аміаку:

$$C_{\text{эл}} = 52.4 \cdot 0.85 \cdot 1.05 \cdot 1.1 \cdot 8000 \cdot 0.8 = 329239 \text{ грн}$$

По ТИМЧАСОВИХ НОРМАХ витрати води для відведення теплоти в конденсаторах, для даної холодильної системи з пластинчатим

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конденсатором витрата води (з карбонатною жорсткістю 2 мг-екв/л) для відведення 1кВт теплоти: $N_w=2.53$ л/кВт·ч.

Определим нормативну річну витрату води для відведення всієї теплоти конденсації по формулі:

$$G_{B'}=N_w \cdot Q_k / 1000 = 2.53 \cdot 265 \cdot 300 \cdot 24 / 1000 = 4827 \text{ м}^3/\text{рік}. \quad (10.8)$$

Вартість води для охолодження визначимо по формулі:

$$C_B = G_{B'} \cdot C_B = 4827 \cdot 9 = 43433 \text{ грн}. \quad (10.9)$$

де: $G_{B'}$ - річне споживання води, $\text{м}^3/\text{год}$:

C_B - ціна за 1м^3 , грн/ м^3 .

Розрахунок фонду заробітної плати виробничого персоналу компресорного цеху.

Річний фонд зарплати цехового персоналу зокрема виробничих робочих визначуваний по формулі:

$$Z_r = Z_m \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 1,075, \quad (10.10)$$

де Z_m – прямий місячний фонд зарплати, грн.;

12 – кількість місяців в році;

1,2 – коефіцієнт, що враховує розмір премій;

1,075 – коефіцієнт, що враховує розмір додаткової зарплати.

Розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу і фонду зарплати зведені в таблицю 10.4

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.4 – Фонд заробітної плати (фреонова система)

п/п	Посада	Чисельність, чіл.	Місячний фонд, грн.	Річний фонд, грн.
	Начальник комп-го цеху	1	3000	46440
	Машиніст 5-го розряду	4	2000	123840
	Машиніст 4-го розряду	4	1800	111456
	Слюсар 5-го розряду	2	1400	43524
	Прибиральниця	2	1100	30960
РАЗОМ				387180

Оскільки система з водоохолоджувачами буде агрегована і компресорний цех буде відсутній, то кількість обслуговуючого персоналу зменшується.

Таблиця 10.5 – Фонд заробітної плати (аміачна система)

п/п	Посада	Чисельність, чіл.	Місячний фонд, грн.	Річний фонд, грн.
	Машиніст 5-го розряду	2	2000	61920
	Слюсар 5-го розряду	1	1400	21762
	Прибиральниця	1	1100	15480
РАЗОМ				99162

Річні амортизаційні відрахування розраховуються по формулі:

$$C_a = C_o \cdot N_{a.o.} \quad (10.9)$$

де C_o – вартість устаткування і виробничого приміщення, грн.

$N_{a.o.}$ – норма відрахування від вартості %, приймаємо відповідно 15% и 5%.

$$C_a = 7680000 \cdot 0,05 + 1008600 \cdot 0,15 = 393210 \text{ грн (фреон)}$$

$$C_a = 7680000 \cdot 0,05 + 1190400 \cdot 0,15 = 562560 \text{ грн (аміак)}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк. 90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок річних витрат на поточний ремонт устаткування виконуємо по формулі:

$$C_p = C_o \cdot P_o, \quad (10.10)$$

де P_o – відсоток вартості будівлі (2%) і устаткування (5%) %.

$$C_p = 7680000 \cdot 0,02 + 1008600 \cdot 0,05 = 147198 \text{ грн (фреон)}$$

$$C_p = 7680000 \cdot 0,02 + 1190400 \cdot 0,05 = 213120 \text{ грн (аміак)}$$

Інші цехові витрати приймаємо у розмірі 10 % від загальної суми витрат на експлуатацію.

Всі статті витрат зводимо в таблицю 10.6.

Таблиця 10.6- Калькуляції собівартості вироблення холоду

Стаття витрат	Сума, грн.	
	Фреонова	Аміачна
1. Матеріали	6613	6613
2. Електроенергія	561090	329239
3. Заробітна плата з нарахуваннями	387180	99162
4. Амортизація і цехові витрати	540408	775680
РАЗОМ: (цехова собівартість)	1644820	1331763

Розрахунок собівартості одиниці холоду (у грв. за мДж) виконуємо по формулі:

$$C_0 = C / Q_{\text{ост}} \quad (10.11)$$

$$C_0 = 1644820 / (2.53 \cdot 10^6) = 0.65 \text{ грв/мДж} \quad (\text{фреон})$$

$$C_0 = 1331763 / (2.53 \cdot 10^6) = 0.53 \text{ грв/мДж} \quad (\text{аміак})$$

9.3 Розрахунок річного економічного ефекту

Величину річного економічного ефекту від холодильної обробки і зберігання визначаємо виходячи із закупівельної ціни продукції, витрат на зберігання і ціни реалізації після холодильної обробки по формулі:

$$\Pi = [C_p \cdot V \cdot (1 - \gamma) - (C_z \cdot V + C)] \cdot k_n, \text{ грв}, \quad (10.12)$$

де C_p – ціна реалізації (з ПДВ), грв/т, приймаємо $C_p = 2500$ грв/т;

C_z – закупівельна ціна, грв/т, приймаємо $C_z = 1700$ грв/т;

V – оборот продукту за рік, т, $V = 3000$ тонн

C – сумарні річні витрати холодильного підприємства, грв;

γ – коефіцієнт обліку втрат продукції, приймаємо 3%;

k_n – коефіцієнт обліку зниження прибули залежно від податку на прибуток, приймаємо $k_n = 0,7$.

Фреонова система:

$$\Pi = [10000 \cdot 3000 \cdot (1 - 0,03) - (8000 \cdot 3000 + 1644820)] \cdot 0,7 = 2418626 \text{ грв}$$

Аміачна система:

$$\Pi = [10000 \cdot 3000 \cdot (1 - 0,03) - (8000 \cdot 3000 + 1331763)] \cdot 0,7 = 2637756 \text{ грв}$$

Економічна ефективність (рентабельність) капітальних вкладень:

$$E_p = \Sigma\Pi / K \quad (10.13)$$

$\Sigma\Pi$ – сумарний прибуток від реалізації всіх видів продукції;

K – капітальні вкладення в холодильне виробництво.

Фреонова система: $E_p = 2418626 / 10110150 = 0,24$

Аміачна система: $E_p = 2637756 / 10110150 = 0,26$

Термін окупності капітальних вкладень (T) визначається по формулі:

$$T = K / \Sigma\Pi = 10110150 / 2776876 = 4,18 \text{ роки} \quad (10.14)$$

Фреонова система: $T = 10110150 / 2776876 = 4,18$ роки

Аміачна система: $T = 10110150 / 2637756 = 3,85$ роки

Вважається, що створення об'єкту ефективне в цілому, якщо $E > E_n$ и $T < T_n$, де E_n – нормативний коефіцієнт економ. ефективності (0,15), T_n – нормативний термін окупності капітальних вкладень (6;7 років).

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Основні техніко-економічні показники, визначені в процесі проектування, зводяться в таблицю.

Таблиця 10.7 - Основні техніко-економічні показники проекту

№	Показник	Проект (хладон)	Проект (аміак)
1	Місткість фруктосховища, т	1300	1300
2	Холодопродуктивність, кВт	220	200
3	Кількість компресорів, шт	5	2
4	Встановлена потужність, кВт	117	90
5	Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	8	4
6	Вироблення холоду на об'єкті, кДж/рік	$2.53 \cdot 10^9$	$2.53 \cdot 10^9$
7	Собівартість 1000 кДж холоду, грн.	0.65	0.53
8	Капітальні вкладення, грн.	10110150	12013440
9	Експлуатаційні витрати, грн/рік.	1644820	1331763
10	Прибуток, грн/рік.	2418626	2637756
11	Термін окупності капітальних вкладень, рік.	4.18	3.85
12	Рентабельність	0.24	0.26

Висновок

Порівняльний економічний аналіз окупності фруктосховища з двома різними холодильними системами показав, що система з аміачними водоохолоджувачами вимагає більш початкових капітальних вкладень, в порівнянні з хладоновою системою. Але, в зв'язку нижчими експлуатаційними витратами, термін окупності аміачної системи, у результаті, буде менше, ніж у хладонової. Крім того, аміачна система надійніша і простіша в експлуатації, що знижує кількість необхідного обслуговуючого персоналу.

11 Цивільний захист

Тема: Підвищення стійкості фруктосховища в умовах надзвичайних ситуацій.

Вступ

Однією з основних задач Цивільної Оборони (ЦО) є проведення заходів спрямованих на підвищення стійкості роботи в умовах надзвичайних ситуацій.

Під стійкістю роботи Об'єкта Господарської Діяльності (ОГД) розуміють його можливість в умовах Надзвичайних Ситуацій (НС) випускати продукцію в запланованій кількості і номенклатурі, а при отриманні середніх руйнувань, або порушених зв'язків з кооперацією, відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

Під стійкістю роботи лабораторії, яка безпосередньо не виробляє матеріальні цінності, розуміють її можливість виконувати свої функції в умовах НС.

Основна частина

На кожному фруктосховищі проводиться великий обсяг робіт, спрямованих на підвищення стійкості його роботи в умовах надзвичайних ситуацій. До них відносяться 1 інженерно-технічні, технологічні й організаційні заходи.

Інженерно - технічними заходами забезпечується підвищення стійкості овочесховища й прилягаючих до нього будинків, споруджень, устаткування й комунікацій даного підприємства до впливу вражаючих факторів надзвичайних ситуацій.

Технологічними заходами здійснюється підвищення стійкості фруктосховища шляхом зміни технологічного режиму, що виключає можливість виникнення вторинних вражаючих факторів.

Організаційними заходами передбачається завчасна розробка й

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

планування дій особового складу штабу, служб і формувань ЦО в умовах надзвичайних ситуацій.

Із усього комплексу заходів, які підвищують стійкість роботи фруктосховища, особливо важливе значення має проведення інженерно - технічних заходів. До таких заходів відносять:

- 1) забезпечення захисту робітників та службовців;
- 2) підвищення стійкості керування ЦО об'єкта;
- 3) підвищення стійкості будинків і споруджень;
- 4) захист коштовного й унікального устаткування;
- 5) підвищення стійкості постачання електроенергією, водою й роботи мереж комунального господарства;
- 6) захист підприємства від пожеж і інших вторинних факторів поразки;
- 7) підвищення стійкості матеріально - технічного постачання;
- 8) підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Надійний захист робітників та службовців є найважливішим чинником підвищення стійкості роботи будь-якого овочесховища, тому що без людей не можливе жодне виробництво.

Основним способом захисту робітників та службовців підприємств є укриття їх у захисних спорудженнях (сховищах і укриттях). Захисні спорудження призначені для захисту людей від наслідків аварій (катастроф) і стихійних лих, а також від вражаючої дії зброї масового знищення й звичайних засобів поразки й впливи другорядних факторів ядерного вибуху.

Захисні спорудження розрізняють: по призначенню - для захисту населення, розміщення органів управління (командного пункту - КП, пункту управління - ПУ, вузла зв'язку - ВЗ) і медичних установ;

-за місцем перебування - вбудований, відділені, метрополітен, в гірських виробках;

-за строком будівництва - зведені завчасно, швидко відомості;

-за захисними властивостями - найпростіші укриття (щілини відкриті й перекриті), протирадіаційні укриття (ПРУ) і сховища.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проведенні досліджень по стійкості фруктосховища моделюються варіанти впливу на його структури різних вражаючих факторів НС.

Дослідженню підлягають, як правило, спорудження об'єкта, технологічне устаткування, системи керування об'єкта, його елементи, які сприяють підвищенню ступеня захищеності персоналу, і ін.

Для дослідження стійкості об'єкта на ньому створюються робочі групи, які роблять необхідні розрахунки. Кінцева ціль таких досліджень - оцінка стійкості фруктосховища в умовах, які змінилися, і вишукування найбільш ефективних способів її підвищення. На основі висновків дослідницьких груп здійснюється планування підвищення стійкості об'єкта. При цьому розробляється план графік нарощування заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах НС (в умовах воєнного часу). У міру розширення й реконструкції об'єкта в план графік вносяться зміни.

При плануванні заходів щодо підготовки фруктосховища до зміцненої роботи в надзвичайному режимі (при наявності НС) передбачаються заходи щодо захисту устаткування, створенню й укриттю запасів матеріально-технічних засобів, підвищенню фізичної стійкості будинків і споруджень, систем енерго-, газо- й водопостачання, розробці безпечних технологічних процесів.

Роботи з підвищення стійкості фруктосховища проводяться: найбільше строку - при поточному ремонті, інших - при капітальному ремонті. Особлива увага приділяється найбільш чутливим елементам і ділянкам об'єкта. При наявності середньострокового прогнозу руйнівних ІС (землетрусів, зрушень, осідань і т.п.) роботи зі зміцнення об'єктів повинні проводитися поза плановими строками ремонту.

Для підвищення стійкості управління в умовах надзвичайних ситуацій на фруктосховище повинна бути розроблена схема оповіщення й зв'язку, що є складовою частиною загального плану ЦО об'єкта. Управління повинне бути постійним на всіх етапах: при загрозі в умовах надзвичайних ситуацій розосередження й евакуації, а також при веденні рятувальних і невідкладних

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

аварійно - відбудовних робіт.

Руйнування виробничих будинків у більшості випадків веде за собою поломку устаткування й вихід з ладу комунікацій. При проектуванні й будівництві нових цехів фруктосховища, підвищення стійкості може бути досягнуто застосуванням для несучих конструкцій високоміцних і легких матеріалів (сталей підвищеної міцності, алюмінієвих сплавів). У каркасних будинків великий ефект досягається застосуванням полегшених конструкцій заповнення й збільшення світлових прорізів шляхом використання скла, легких панелей із пластику й інших легко, що руйнуються матеріалів; ці матеріали й панелі, руйнуючись, зменшують тиск ударної хвилі на каркас спорудження, а уламки їх приносять менший збиток устаткуванню машинного відділення фруктосховища. Дуже ефективним є спосіб застосування панелей, які повертають, тобто кріплення легких панелей на шарнірах до каркасів колон споруджень. При дії динамічних навантажень такі панелі повертають, що значно знижує вплив ударної хвилі на несучі конструкції споруджень.

Підвищення механічної міцності споруджуваних будинків і споруджень фруктосховища досягається відповідним плануванням їх, а також застосуванням більше конструкційні матеріалів. Найбільш важливі спорудження для підвищення стійкості можуть будуватися зі зниженою парусністю (зменшеною площею стін) і висотністю, що значно збільшує опірність їхній ударній хвилі ядерного вибуху.

Побудовані будинки й спорудження фруктосховища для підвищення їхньої міцності підсилюються металевими стійками й балками. Такий спосіб застосовують для посилення міцності підвалів, які пристосовують під притулки, а також нижніх поверхів будинків, над якими встановлене важке й громіздке устаткування. Установлення додаткових опорних колон в одноповерхових будинках цехів може бути доцільним для підвищення міцності перекриттів з більшими прольотами.

Низькі спорудження для підвищення їхньої міцності частково

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

обсипають фунтом. Такий спосіб підвищення стійкості може застосовуватися для напівпідвальних приміщень і різних споруджень.

Високі спорудження (труби, вишки, вежі й колони) закріплюються відтягненнями, розрахованими на навантаження, створювані впливом швидкісного напору повітря ударної хвилі ядерного вибуху.

Трубопроводи різного призначення доцільно будувати заглибленими в ґрунт, що підвищує їхню стійкість в 5-7 разів. Можлива також прокладка технологічних і енергетичних трубопроводів у напівзаглиблених траншеях, які дозволяють зберегти всі переваги надземної прокладки й уникнути недоліків підземної прокладки. Стійкість таких трубопроводів досягається засипанням їх землею.

Для захисту фруктосховища, розташованого в зоні можливого затоплення, можуть будуватися дамби. Надійно захистити всі устаткування машинного відділення від впливу ударної хвилі практично неможливо. Необхідно звести до мінімуму небезпеку руйнування й ушкодження особливо коштовного й унікального устаткування (компресорів, випарників, повітроохолоджувачів, конденсаторів, ресиверів) і деяких видів контрольно-вимірювальних приладів.

Підвищення стійкості устаткування на фруктосховищі досягається шляхом посилення його найбільш слабких елементів, а також створенням запасів цих елементів, окремих вузлів і деталей, матеріалів і інструментів для ремонту й відновлення ушкодженого устаткування. Велике значення має міцне закріплення на фундаментах основних складених елементів холодильної установки, і іншого устаткування, які мають більшу висоту й малу площу опори. Важке устаткування розміщують, як правило, на нижніх поверхах виробничих будинків. Машини й агрегати великої цінності рекомендується розміщувати в будинках, які мають полегшені конструкції, обвалення яких не приведе до руйнування цього устаткування. Деякі види технологічного устаткування (випарники) розміщують поза будинком - на відкритій площадці території фруктосховища під навісами. Це виключить

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

руйнування його уламками конструкцій, які обгороджують, тому що у випарнику перебуває дуже велика кількість аміаку.

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищується шляхом підключення його до декількох джерел постачання, вилученим один від іншого на відстань, що виключає можливість їхнього одночасного ушкодження у випадку надзвичайної ситуації. У мережах електропостачання проводяться заходи щодо перекладу повітряних ліній електропередач на підземні. А лінії, прокладені по стінах і перекриттям будинків і споруджень - на лінії, прокладені під підлогою перших поверхів (у спеціальних каналах).

Велике значення для підвищення стійкості роботи даного підприємства має надійне постачання його водою. Водопостачання холодильного підприємства буде більш стійким і надійним у тому випадку, якщо об'єкт запитується від декількох систем або від двох-трьох незалежних водопостачальників, видалених один від одного на безпечну відстань.

Щоб знизити ймовірність виникнення загорянь і пожеж від світлового випромінювання, потрібно заздалегідь очистити двори, проміжки між будинками й території холодильних підприємств від дерев'яних предметів і спаленого сміття. Створюються умови для безперешкодного проїзду пожежних машин по території фруктосховища.

Крім правил і норм, виконуваних при будівництві фруктосховища проводяться протипожежні профілактичні заходи:

1. Щоб знизити ймовірність виникнення загорянь і пожеж від світлового випромінювання, потрібно заздалегідь очистити двори, проміжки між будинками й території холодильних підприємств від дерев'яних предметів і спаленого сміття. Створюються умови для безперешкодного проїзду пожежних машин по території овочесховища.

2. Для підвищення вогнестійкості дерев'яних конструкцій застосовуються вогнезахисне фарбування й обмазка. Фарбування виробляється фарбою світлих тонів. Як захисні покриття можна використати вогнестійкі фарби, а також побілку, що відбиває світлове випромінювання.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

3. Для гасіння пожеж на фруктосховищі споруджуються водойми. До наявних водойм повинні бути обладнані гарні під'їзди, а на берегах рік, озер і ставків - площадки й пірси.

4. При відсутності можливості устаткування водойм бурять артезіанські шпари з метою одержання води для технічних потреб об'єкта й одночасно для пожежогасіння.

5. Для запобігання вибухів і пожеж у сховищах мазуту, нафти, бензину, масел і інших вибухонебезпечних і вогненебезпечних речовин необхідно їх виносити за межі території й будувати заглибленими.

Матеріально - технічне постачання має важливе значення для зміцненої роботи фруктосховища, тому що при порушенні постачання підприємство працювати не може.

Висновок

Проведений аналіз розділу дозволяє зробити наступні висновки, що основними заходами в вирішенні задач по підвищенню стійкості роботи овочесховища є:

- захист робітників і службовців у всіх НС;
- всебічне вивчення умов які можуть скластися в різних НС;
- своєчасне проведення інженерно-технічних заходів по підвищенню міцності і стійкості найважливіших елементів фруктосховища;
- вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання, а також управління фруктосховища;
- дотримання вимог до систем електропостачання, водопостачання тощо;
- розробка заходів щодо зменшення вірогідності виникнення вторинних чинників ураження і збитку від них;
- готовність до відновлення роботи після ураження.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12 Охорона праці

Токсичність холодоагенту

Холодильна установка працює на холодоагенті R 404 А. Згідно стандартної класифікації шкідливих речовин встановлено 4 класи небезпеки, залежно від 7 показників токсичної дії, включаючи середню смертельну дозу для піддослідних тварин і гранично допустиму концентрацію в повітрі в робочій зоні.

Основний вигляд дії на організм людини - інгаляційна дія пари хладагента. В разі розгерметизації устаткування масова доля хладагента в повітрі за інших рівних умов пропорційна тиску і щільності його пари. При однакових ГДК і одній і тій же температурі, хладагента з вищим тиском насиченої пари і щільності, потрапляє в повітря робочої зони швидше і представляє велику небезпеку, чим хладагент з такими ж низькими параметрами. Тому реальну небезпеку хладагентів в умовах експлуатації доцільно характеризувати коефіцієнтом токсичної небезпеки.

Коефіцієнтом токсичної небезпеки (КТН) який є безрозмірна величина, що визначається відношенням щільності сухої насиченої пари хладагента при температурі 20 °С до ГДК, встановленої для повітря робочої зони.

Таблиця 12.1

Холодильний агент	ГДК мгм/м ³	ХТО * 10 ⁻³
R404A	3000	10

Класифікація виробництва за мірою вибухової , вибухово-пожежної, і пожежної небезпеки згідно ОНТП24-86 .

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

Так як всі приміщення фреонових установок за вибухопожежною небезпекою відносяться до категорії Д, то приміщення фабрики також відносяться до цієї категорії. По мірі небезпеки поразки електричним струмом холодильні камери і машинні відділення фреонових установок відносяться до категорії приміщень з підвищеною небезпекою.

Таблиця 12.2 – Категорії приміщень по вибухово-пожежній і пожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (що звертаються) в приміщенні
Д	Негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Допускається відносити до категорії Д приміщення, в яких знаходяться ГЖ в системах мастила, охолодження і гідроприводу устаткування, в яких не більше 60 кг в одиниці устаткування при тиску не понад 0,2 мПа, кабельні електропроводки до устаткування, окремі предмети меблів на місцях.

Визначення пожеже-небезпечних властивостей речовин і матеріалів виконується на підставі результатів випробувань або розрахунків по стандартних методиках з врахуванням параметрів стану (тиск, температура і т. д.).

Згідно нормативному документу «Правила пристрою і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок». Категорія приміщень фреонових установок (машинні відділення, холодильні камери) по вибуховій, вибухово-пожежній і пожежній небезпеці, по мірі небезпеки

поразки електричним струмом повинна відповідати Сніп 2.09.08-85 і вимогам ПУЕ (Правила устрою електроустановок). По вибухонебезпеці приміщення з фреоновими установками відносяться до не вибухо-небезпечних.

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проектованої установки.

При розміщенні холодильного устаткування необхідно забезпечити зручність монтажу, обслуговування і ремонту холодильної установки і її елементів, компактність розташування устаткування, що дозволяє скоротити виробничу площу і довжину трубопроводів.

У компресорному цеху розташовано 5 компресорів, лінійний, дренажний ресивери. Розміри компресорного цеху $A \times B \times C = 12 \times 6 \times 3.8$ м. Два конденсатори з водяним охолодженням, розташовані поза будівлею.

У машинному відділенні передбачається один вихід назовні. Компресори і апарати розміщують в приміщеннях заввишки 3,8 м.

Допускається розміщення хладонового устаткування у виробничих приміщеннях з іншим технологічним устаткуванням, за умови що в цих приміщеннях знаходяться робочі місця персоналу ,який пройшов інструктаж по техніці безпеки хладонових холодильних установок.

Випробування судин, що працюють під тиском.

Для того щоб забезпечити стійку і безпечну експлуатацію судин, що працюють під тиском, їх піддають технічному огляду: внутрішній огляд і гідравлічне випробування до введення в роботу, періодично в процесі експлуатації і достроково. Судини, зареєстровані в органах нагляду, перевіряються інспектором по котлонагляду. Під пробним тиском судина знаходиться 5 хвилин, після чого тиск поступово знижують до робочого, оглядають судину, перевіряють щільність його швів і роз'ємних з'єднань

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

мільним розчином або іншим ефективним способом. Обтукування судини під тиском при пневматичному випробуванні небезпечно і заборонено.

При технічному огляді нових судин дозволяється не виробляти гідравлічне випробування, якщо з моменту такого випробування, проведеного на заводі-виробнику, не пройшло 12 місяців, якщо вони не були пошкоджені при транспортуванні і установці, а монтаж їх проводився без зварки або паяння елементів, що працюють під тиском.

Правилами встановлено, що судини, які знаходяться в експлуатації і зареєстровані в органах Держміськтехнагляду, інспектор піддає періодичному технічному огляду, у тому числі: внутрішньому огляду з метою виявлення стану внутрішніх і зовнішніх поверхонь і впливу середовища на стінки судин — не рідше за один раз в 4 роки; гідравлічному випробуванню з попереднім внутрішнім оглядом — не рідше за один раз в 8 років, при цьому допускається використовувати воду або інші не корозійні, не ядовиті, не вибухо-небезпечні, невяжучі рідини.

Після реконструкції і ремонту із застосуванням зварки або паяння окремих частин необхідний достроковий технічний огляд судин, що працюють під тиском; якщо судина перед пуском в роботу знаходилася в бездіяльності більше 1 року (за винятком випадків складської консервації, при якій огляд судин обов'язковий перед пуском в експлуатацію при зберіганні понад 3 роки). Внутрішній огляд судин, включених в системи з технологічним процесом, що безперервно діє, з некорозійним робочим середовищем, зупинка яких за умовами виробництва неможлива, допускається поєднувати з капітальним ремонтом або заміною каталізатора, але не рідше за один раз в 4 роки.

Якщо в судині не виявиться ознак розриву, не буде теча і потіння в зварних швах, а при пневматичному випробуванні — пропуску газу (вихід води через заклепувальні шви у вигляді пилу або крапель «слізок» течею не вважається), не будуть відмічені видимі залишкові деформації після випробувань, то можна визнати, що така судина витримала випробування.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Розрахунок запобіжного клапана

Масова витрата $G_a = 0,283$ кг/с

Показник адіабати $V = 1,2$

Коефіцієнт витрати $\mu = 0,5$

Щільність речовини $\rho = 16$ кг/м³

Тиск спрацьовування клапана $P_1 = 2.5$ мПа

Атмосферний тиск $P_2 = 1$ мПа

Площа клапана

$$F = \frac{M}{V \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (P_1 - P_2)}} = \frac{0,283}{1,2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 20 \cdot (2,5 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^6)}} = 0,60 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Діаметр клапана

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,60 \times 10^{-4}}{3,14}} = 0,009 \text{ м}$$

Методи визначення місць витоків холодильних агентів

Фреони володіють вельми високою текучістю. Вони здатні проникати через щонайменші нещільності навіть крізь дрібні пори металу.

Обслуговуючий персонал не може виявити витік фреону безпосередньо за допомогою органів чуття, оскільки фреони, які приміняють як хладагент, при атмосферному тиску є безбарвним газом з дуже слабким запахом, який починає відчуватися лише при вмісті фреону в повітрі більш 20—30% за об'ємом.

Методи визначення місць витоків фреону :

- обмилювання місць з'єднань елементів холодильної установки. В разі витoku фреону з'являються зростаючі міхури.
- визначення великого витoku хладагента по масляному підтіку в місці розгерметизації (у установках, що використовують фреони і мастила з хорошою взаємною розчинністю).

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- визначення витоку за допомогою галоїдних ламп. Принцип дії галоїдних ламп заснований на тому, що продукти розкладання фреону у присутності розжареної міді забарвлюють безбарвне полум'я пальника і збільшують висоту факелу.

Контрольно-вимірюючі прилади. Вимоги до захисних пристроїв і арматури.

При роботі або знаходженні в недіючому стані холодильної установки тиск в будь-якій її частині не має бути вище допустимого.

Підвищення тиску має запобігти, або підвищений тиск має бути скинутий без практичного ризику для людей і довкілля (з обліком, зокрема, вимог ГОСТ Р 12.2.142 , ГОСТ Р 51360 і інших нормативних документів, що діють).

Для запобігання підвищенню тиску при роботі холодильної установки мають бути використані обмежувачі тиску різного типу:

- реле тиску з можливістю регулюванням налаштування тиску спрацьовування, що забезпечує можливість автоматичного повторного запуску установки;

- реле тиску з фіксованим тиском спрацьовування;

- реле тиску, що не допускає повторного автоматичного пуску установки (пуск установки в роботу здійснюється після зняття блокування фахівцем).

Манометри – прилади, призначені для виміру надлишкового, абсолютного і диференціального тиску або різниці тисків рідин і газів. Дія манометрів заснована на залежності ряду фізичних параметрів від тиску. За принципом дії прилади відносяться до рідинних.

Газосигналізатор - прилад для виявлення в повітрі різних газів і подачі світлового і звукового сигналів в разі виявлення. Газоаналізатори і газосигналізатори підрозділяються на стаціонарних і переносних.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

Основні правила безпеки при обслуговуванні холодильної установки
Заправка холодильних установок хладагентом.

Перед заповненням холодильної установки хладагентом слід
упевнитися в тому, що в балоні міститься відповідний хладагент. Перевірка
проводиться по величині тиску пари хладагента при температурі балона ,
рівній температурі навколишнього повітря.

Перед перевіркою балон повинен знаходитися в даному приміщенні не
менше 6 годин. Залежність тиску хладагента від температури
довколишнього повітря перевіряється по таблиці насиченої пари.

Забороняється заповнювати холодильну установку хладагентом, що
не має документації, підтверджуючої його якість. Відкривати колпачкову
гайку на вентилі балона необхідно в захисних окулярах. При цьому
вихідний отвір вентиля балона має бути направлений убік від працівника.
При заповненні холодильної установки хладагентом слід користуватися
осушним патроном.

Для приєднання балонів до холодильної системи дозволяється
користуватися мідними трубами, що відпалюють, або маслобензостійкими
шлангами, випробуванням тиском на міцність і щільність з врахуванням
розділу 8 дійсних Правил.

Не допускається залишати балони з хладагентом , приєднаними до
холодильної установки, якщо не виконується заповнення або видалення з
неї хладагента. Заповнення хладагентом повністю агрегатованих
холодильних установок рекомендується виробляти в організації-
виготовлювачі , якщо це не протіворечит документація на установку.
Поповнення установок хладагентом повинне виконуватися відповідно до
вимог, викладених в інструкції організації-виготовлювача, і лише після
виявлення і усунення причин витоку хладагента.

Балони з хладагентом повинні зберігатися на спеціальному складі. У
машинному відділенні дозволяється зберігати не більше одного балона з
хладагентом. Балон забороняється поміщати біля джерел тепла (печі,

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

опалювальні пристрої, парові труби і ін.) і токоведучих кабелів і дротів. Для наповнення хладагентом з холодильної системи повинні вико ристовуватися лише балони з непросроченою датою їх технічного огляду. Норма заповнення не повинна перевищувати допустимих значень, вказаних, зокрема, в Правилах пристрою і безпечної експлуатації судин, працюючих під тиском . Перевірка наповнення балонів повинна виконуватися зважуванням.

Первинне заповнення холодильної установки хладагентом повинне оформлятися актом (з додатком розрахунку необхідної кількості хладагента).

Правила розташування приборів пуску і зупинки електроустановок Холодильні установки мають бути оснащені приборами ПАЗ, що зупиняють компресор або блокують його пуск досягши гранично допустимих значень контролюємих параметрів.

Час спрацьовування захисту має бути таким, аби виключити небезпечний розвиток процесу.

Системи ПАЗ і системи управління повинні виключати їх спрацьовування від випадкових і короткочасних сигналів порушення нормального ходу процесу.

Холодильні установки в заданих випадках повинні забезпечувати:
- контроль за параметрами процесу і управління режимом для підтримки їх регламентованих значень;

- управління процесом відтавання (якщо це передбачено для систем безпосереднього охолодження);
- проведення операцій безпечного пуску, зупинки;
- видачу сигналу об аварії і інформацію, про несправність.

Холодильні установки у випадках, передбачених нормативною документацією (у тому числі вимогами ГОСТ Р 12.2.142, ГОСТ Р 51360),

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

що діє, мають бути оснащені реле високого тиску, що зупиняє компресор при підвищенні тиску нагнітання до визначеної заданою величини.

Установки реле тиску не повинні перевищувати розрахункового тиску, але бути нижче, ніж для запобіжного клапана.

Живлення випарників (судин) рідким хладагентом виконується в необхідних випадках за допомогою автоматичних приладів і виконавчих механізмів.

Класифікація приміщень за мірою небезпеки поразки електричним струмом.

Відповідно до ПУЕ по мірі небезпеки поразки людей електричним виробничі приміщення відносяться до приміщення з підвищеною небезпекою.

Вони характеризуються наявністю однієї з наступних умов:

- струмопровідний пил;
- токопровідна підлога (металеві, земляні и т. д.);
- висока температура (більш 35 °С);
- відносна вологість більш 75%;
- можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій

будівель, технологічному устаткуванню, що має з'єднання із землею, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншого боку.

Розрахунок заземлюючого пристрою

Розрахункове значення питомого опору ґрунту для

чорнозему $\rho_{\phi} = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [5]

Кліматичний коефіцієнт який враховує сезон коливань вологості ґрунту: $\psi = 1,1$ [5]

Розрахункове значення питомого опору ґрунту

$$\rho_p = \rho_{\phi} \cdot \psi = 30 \cdot 1,1 = 33 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						109
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задаємося типом заземлення - смугова сталь

Ширина $b_3 = 0,012$ м

Товщина $\delta_3 = 0,004$ м

Задаємося довжиною вертикального заземлювача $t_0 = 0,5$ м

Глибина пластини $l_1 = 2$ м

Відстань між пластинами $l_2 = 4$ м

Довжина вертикального заземлювача

$$t = \frac{l_1}{2} + t_0 = \frac{2}{2} + 0,5 = 1,5 \text{ м}$$

Опір одного вертикального заземлювача

$$R_0 = \frac{\rho_p}{\pi \cdot 2 \cdot l_1} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l_1}{b_3} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l_1}{4 \cdot t - l_1} \right) \right] = 4.95 \text{ Ом}$$

Кількість вертикальних заземлювачів

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{тр}}} = \frac{4.95}{4} = 1,24 \text{ шт}$$

$R_{\text{тр}} \leq 4$ Ом

Приймаємо $n = 2$ шт

Опір системи вертикальних заземлювачів

Коефіцієнт застосування вертикальних заземлювачів $\eta_B = 0,91$ [5]

$$R_{\text{с.в}} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_B} = \frac{4.95}{2 \cdot 0,91} = 2.75 \text{ Ом}$$

Довжина з'єднання полоси ,розміщеної в ряд

$$L_1 = l_2 \cdot (n-1) = 4 \cdot 1 = 4 \text{ м}$$

Коефіцієнт використання горизонтальних

заземлювачів $\eta_T = 0,94$ [5] .

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						110
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір сполучної полоси

$$R_{\Pi} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot L_1 \cdot \eta_{\Gamma}} \cdot \ln \left(\frac{L_1^2}{B_3 \cdot t_0} \right) = 10,24 \text{ Ом}$$

Загальний опір системи заземлювача

$$R_c = \frac{R_{c.B} \cdot R_{\Pi}}{R_{c.B} + R_{\Pi}} = \frac{2,75 \cdot 10,24}{2,75 + 10,24} = 2,17 \text{ Ом}$$

$$R_c < R_{\Gamma p} \leq 4 \text{ Ом} - \text{ умова виконується}$$

Розробка захисту "Людина в камері"

У випадках, коли холодильні камери, в яких можуть знаходитися працівники, не відкриваються зсередини, їх слід обладнати ручною системою сигналізації "Людина в камері". Світові і звукові сигнали "Людина в камері" надходять в приміщення з постійним знаходженням працівників (діспетчерська, операторська, прохідна). Світлове табло "Людина в камері" спалахує зовні над дверима камери, в якій знаходиться людина.

Пристрої для подачі з камери сигналу обозначені покажчиками, що світяться, з написом про недопустимості загромодження їх вантажами і надійно захищені від пошкоджень.

Пожежна профілактика

Протипожежні вимоги щодо конструкції приміщення та степінь його вогнестійкості.

Машинне і апаратне відділення фреонових установок відноситься до категорії Д – негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно СНіП 2.09. 01-85, використовуваний матеріал відноситься до не спалюваного матеріалу.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

Таблиця 12.3 – Степінь вогнестійкості

Група займистості	Матеріали	Конструкції
Не спалювані	Під впливом вогню або високої температури не займаються, тліють або обвуглюються.	З не спалюваних матеріалів

Засоби пожежної автоматичної сигналізації.

Електричну пожежну сигналізацію складає встановлений на дільницях і цехах підприємства датчики, за допомогою яких сигнал передається на пункт зв'язку пожежної частини (команди) і приймальної станції, що забезпечує прийом сигналів. Обрана сигналізаційна димова пожежна установка СДПУ-1.

Протипожежний інвентар.

При гасінні пожеж піною широко застосовують генератори високо кратної піни (ГВП) і хімічні вогнегасники ВХП-10.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в виробничих будівлях на території підприємств передбачають спеціальні пожежні щити з набором:

- пінних вогнегасників - 2,
- вуглекислотних вогнегасників – 1,
- ящиків з піском – 1,
- щільного полотна (волок, асбест) – 1,
- ломов – 2,
- багров – 3,
- топорів – 2.

Розрахунок пожежного водоймища для запасу води

Площа підприємства $S_{\Pi} = 2940 \text{ м}^2$

Коефіцієнт запасу $k = 1,1$

Витрата води на зовнішнє пожежо-гасіння $g = 30 \text{ л/с}$

Кількість одночасних пожеж $n_{\Pi} = 2$

Тривалість гасіння пожежі $\tau_{\Pi} = 2 \text{ години}$

Об'єм пожежного водоймища

$$V_{\text{в}} = k \cdot g \cdot n_{\Pi} \cdot \tau_{\Pi} = 1,1 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 2 = 132 \text{ м}^3$$

Виробнича санітарія

Вентиляція.

Проектом передбачається приточна система вентиляції, при якій повітря подається в приміщення припливною системою, а видаляється витяжною; системи працюють одночасно. Аварійна система поєднана з витяжною. Система вентиляції розроблена у відповідності до СНіП 2.04.05-91У, параметри повітря: $t=16^{\circ}\text{C}$, $v=0,5 \text{ м/с}$, $\phi=75\%$.

Визначимо видатність вентиляції з кратності повітрообміну

$$L = k \cdot V_{\text{пом}} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} \right],$$

де k – кратність повітрообміну, приймаємо для робочої вентиляції:

а) припливної $k = 3 \text{ год}^{-1}$; б) витяжної (аварійної) $k = 4 \text{ год}^{-1}$.

$V_{\text{пом}}$ – об'єм приміщення, $V_{\text{пом}} = 274 \text{ м}^3$.

$$L_{\text{прип}} = 3 \cdot 274 = 822 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

$$L_{\text{ав}} = 4 \cdot 274 = 1096 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						113
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо потужність вентилятора

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta P_n}{\eta_v \cdot \eta_{пр} \cdot 3.6 \cdot 10^6} \text{ [кВт]},$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 1,05..1,5$;

ΔP_n – втрати тиску в мережі повітроводів; приймаємо для робочої вентиляції: високонапірні вентилятори ($2900 < \Delta P_n < 4500$) Па;

η_v – КПД вентилятора, $\eta_v = 0,6..0,8$; приймаємо $\eta_v = 0,7$;

$\eta_{пр}$ – КПД приводу при клиноремінній передачі $\eta = 0,95$.

припливна – $N = \frac{1.2 \cdot 822 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 0.8 \text{ кВт}$

витяжна (аварійна) - $N = \frac{1.2 \cdot 1096 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 1.1 \text{ кВт}$

Приймаю для витяжної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 4 при $n = 1440$ об/мин; для припливної вентиляції відцентровий вентилятор Ц4-70 №2½ при $n = 1440$ об/мин.

Освітлення. Розрахунок виробничого освітлення

Тривала робота при недостатньому освітленні призводить до зниження продуктивності і безпеки праці. Із-за неправильного освітлення утворюється глибокі і різкі тіні і інші неблагоприємні чинники, зір швидко стомлюється, що наводить до дискомфорту до підвищення небезпеки життєдіяльності (в першу чергу, до підвищення виробничого травматизму).

Основним завданням виробничого освітлення є підтримання на робочому місці освітленості, відповідної характеру зорової роботи. Збільшення освітленості робочої поверхні покращує видимість об'єктів за рахунок підвищення їх яскравості, збільшує швидкість розрізнення деталей.

Розрахунок виробничого освітлення компресорного цеху

Довжина цеха $A_{ц} = 12 \text{ м}$

Ширина цеха $B_{ц} = 6 \text{ м}$

Висота цеха $h_{ц} = 4,8 \text{ м}$

Висота робочої зони $h_p = 2,5 \text{ м}$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						114
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормоване освітлення $E_H = 150$ лк

Тип освітлення ПВЛ

Висота підвісу світильника над робочою зоною

$$H_p = h_k - h_p - 0,8 = 4,8 - 2,5 - 0,8 = 1,5 \text{ м}$$

Індекс приміщення

$$I = \frac{A_{\text{ц}} \cdot B_{\text{ц}}}{H_p \cdot (A_{\text{ц}} + B_{\text{ц}})} = \frac{12 \cdot 6}{1,5 \cdot (12 + 6)} = 2,67$$

Відстань між центрами світильників $L_{\text{ц}} = 2$ м

Кількість світильників в приміщенні

$$n = \frac{A_{\text{ц}} \cdot B_{\text{ц}}}{L_{\text{ц}}^2} = \frac{6 \cdot 12}{2^2} = 18 \text{ шт}$$

Коефіцієнт мінімального освітлення $z = 1,1$

Відповідно до індексу приміщення з таблиці приймаємо коефіцієнт використання світлового потоку ламп [5]: $\eta = 65$.

Коефіцієнт запасу $k = 1,5$ [5]

Світловий потік одного світильника

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot A_{\text{ц}} \cdot B_{\text{ц}} \cdot k \cdot z \cdot 100}{n \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 6 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 100}{18 \cdot 65} = 1523 \text{ лм}$$

Приймаємо 2 люмінесцентні лампи марки ЛДЦ 20 с $\Phi_d = 820$ лм,
 $n_d = 2$ шт

Дійсний світловий потік одного світильника: $\Phi_d = 2 \cdot 820 = 1640$ лм

Погрішність вибору ламп

$$\Delta = \frac{\Phi_d - \Phi_p}{\Phi_d} \cdot 100\% = \frac{1640 - 1523}{1640} \cdot 100\% = 7\%$$

Потужність однієї лампи $P_1 = 20$ Вт

Потужність усієї освітлювальної установки

$$P = P_1 \cdot n_d \cdot n = 20 \cdot 18 \cdot 2 = 720 \text{ Вт}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

Долікарська допомога

Пораження хладоном:

При отруєнні хладоном постраждалого необхідно вивести на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При цьому слід вивільнити його від стіснюючого дихання одягу, зняти забруднений хладоном одяг і надати постраждалому повний спокій. У всіх випадках отруєння давати вдихати йому медичний кисень протягом 30...45 хвилин (з гумової подушки, балона), зігріти хворого (обкласти грілками). В випадку глибокого сну і можливого зниження больової чутливості слід дотримуватися обережності, аби не викликати опіків. Необхідно постраждалому давати пити міцний солодкий чай або каву, вдихати з вати нашатирний спирт. Незалежно від стану потерпілого має бути викликана швидка допомога.

При наявності явищ роздратування слизистої оболонки рекомендується полоскання носа і глотки 2%-ним розчином соди або водою. При попаданні хладону в очі необхідно здійснити рясне промивання очей струменем чистої води. Потім слід до приходу лікаря надіти темні захисні окуляри. Не забинтовувати очі, не накладати на них пов'язок. При попаданні хладону на шкіру спостерігається процес її відмороження. В цьому випадку слід занурити уражену кінцівку в теплу воду (35...40 °С) на 5...10 хвилин або зробити загальну ванну (в разі поразки великої поверхні тіла). Шкіру після ванни осушити не розтиранням, а докладенням рушника, що добре вбирає воду. Після цього слід на пошкоджену ділянку накласти марлеву пов'язку або змастити його маззю. За відсутності мазі слід використовувати несолене вершкове масло або соняшникове. В випадку появи міхурів ні в якому разі їх не розкривати, а накласти марлеву пов'язку на міхури.

В машинному відділенні фреонової установки має бути аптечка із засобами для надання долікарської допомоги при поразці хладоном:

- нашатирний спирт (для дихання);
- валеріанові краплі;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

- двовуглекисла сода (для промивання очей або полоскання горла);
- темні захисні окуляри;
- мазь Вишнєвського або Пеніцилін (для змазування поврежден-ной поверхні шкіри);
- серветки, вата, бинти;
- дерев'яні лопатки (для узяття і накладення мазі). В спеціально відведеному місці слід мати балон з медичним киснем і устаткуванням до нього.

Надання першої допомоги постраждалому від електричного струму .

Перша перед лікарська допомога у нещасних випадках від електричного струму складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання йому медичної допомоги. Звільнення потерпілого від дії струму може бути здійснено кількома способами. Найбільш простий та правильний спосіб – це відключення відповідної частини електроустановки. Якщо відключення швидко зробити неможна через будь-які причини (наприклад, далеко розташований вимикач), можливо при напрузі до 1000 В перерубати дроти сокирою з дерев'яною рукояткою або відтягнути потерпілого від струмопровідної частини, тримаючись за його одяг, якщо він сухий, відкинути від нього дріт за допомогою дерев'яної палиці та ін. При напрузі більше 1000 В слід застосовувати діелектричні рукавиці, боти та в необхідних випадках ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі, розраховані на відповідну напругу. Заходи першої медичної допомоги потерпілому від електричного струму залежать від його стану. Якщо потерпілий у свідомості, але до цього був в непритомності або тривалий час знаходився під струмом, йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря або терміново доставити до лікувальної установи.

За відсутності свідомості, але диханні, що збереглося, і роботі серця потрібно рівно і зручно укласти постраждалого на м'яку підстилку, розстебнути пояс і одяг, забезпечити притоку свіжого повітря. Слід давати

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						117
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нюхати нашатирний спирт, окроплювати потерпілого холодною водою, розтирати і зігрівати тіло.

Якщо постраждалий погано дихає або якщо дихання поступово погіршується, тоді як у всіх цих випадках продовжується нормальна робота серця, необхідно робити штучне дихання. За відсутності ознак життя треба робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Висновок

Адміністрація підприємства повинна забезпечити належне технічне устаткування всіх робочих місць і створити на них умови роботи, відповідні правилам по охороні праці (правилам по техніці безпеки, санітарним нормам і правилам). Дотримання вимог охорони праці дозволяє звести до мінімальної вірогідності ураження або захворювання працюючого. Організація і поліпшення умов праці на робочому місці є одним найважливіших резервів продуктивності праці і економічної ефективності виробництва, а також подальшого розвитку самої працюючої людини.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						118
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В науково-дослідній роботі вирішено задачу розробки та дослідження холодильної установки для зберігання тропічних фруктів, що забезпечує скорочення енерговитрат на 5 – 15 % за рахунок використання вискоефективних природних робочих тіл. Виявлено та реалізовано енергопотенціал установки шляхом впровадження вищеописаних удосконалень та в підсумку енерго та ресурсозбереженням. В результаті дослідження, ПКХМ, необхідно зробити ряд висновків:

1. Запропоновано замінити робочу речовину R22, на екологічно безпечне тіло таке як: R717, що повністю виключить згубний вплив на оточуюче середовище в виді парникового ефекту, або замінити R22 на більш безпечну речову R404a, що частково виключить вплив на оточуюче середовище в виді парникового ефекту, та повністю виключить руйнування озонowego шару.

2. Використання R404a як робочого тіла в холодильній установці може призвести до значного зниження холодильного коефіцієнта машини в порівнянні з аміачною системою в 1.7 разів.

3. Розроблено схемотехнічне рішення системи утилізації теплоти форконденсації холодильної установки для фруктосховища з пластинчатими форконденсаторами, що повністю задовольняє технічному завданню та знижує температуру конденсації в середньому на 5 градусів.

Дана робота була націлена на енерго та ресурсозбереження, оскільки перехід від хладону R22 до натурального робочого тіла R717 надає дуже чутливу економію. Також було розглянуто варіант без переходу на натуральні робочі тіла, а з переходом на хладон R404a, що також не знизило ефективність, а знизило згубний вплив на оточуюче середовище, оскільки коефіцієнт озоноруйнування дорівнює нулю, а глобального потепління на 15 % вище у даного хладону, ніж у R22.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
						119
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Мнацаканов Г.К. Основы проектирования холодильников: Учебное пособие, ОГАХ. 2004. – 70 с.
2. Чумак И.Г., Кочетов В.П. и др. Транспортировка и хранение тропических плодов: Учебное пособие. – Одесса. Рефпринтинфо, 2004.– 12 с.
3. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз та проектування енергетичних систем» для студентів СВО «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання / Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В., Яковлева О.Ю. – Одеса: ОНТУ, 2022 р. – 164 с.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Аналіз та проектування енергетичних систем» для студентів СВО «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання / Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В., Яковлева О.Ю. – Одеса ОНТУ, 2022. – 46 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Аналіз та проектування енергетичних систем» для студентів СВО «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання / Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В., Яковлева О.Ю. – Одеса ОНТУ, 2022. – 122 с.
6. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Аналіз та проектування енергетичних систем» для студентів СВО «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання / Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В., Яковлева О.Ю. – Одеса ОНТУ, 2022. – 70 с.
7. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст]: підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарева; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с. : табл., рис. —
Бібліогр.: с. 222-223.

8. Низькопотенційна енергетика [Текст] : навч. посіб. / А. О. Редько, М.
К. Безродний, М. В. Загорученко та ін. ; Нац. техн. ун-т України "Київський
політехнічний університет", Одес. нац. акад. харч. технологій, Харків. нац.
ун-т будівництва та архітектури, Вінниц. нац. техн. ун-т. — Харків :
Друкарня Мадрид, 2016. — 412 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 404-405.

9. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник /
М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М.Г.
Хмельнюка; Одеська нац. академія харчових технологій. — Херсон : Грінь
Д.С., 2014. — 484 с. : іл.

10. Холодильні установки [Текст]: навч. посіб. / О. С. Подмазко, С. Ю.
Лар'яновський. — Одеса: ОДАХ, 2012. — 60 с.

11. Мнацаканов Г.К. Холодильна техніка і технологія, 2006

12. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bitzer.de>

13. Холодильне обладнання [Текст] : підручник / Д. П. Семенюк, О. В.
Петренко ; ХДУХТ. — Харків : Світ Книг, 2021. — 633 с.

14. Холодильні установки спеціального призначення: конспект лекцій
[Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних
установок і кондиціонування повітря. — Одеса: ОНТУ, 2023. — 99 с. —
Електрон. текст. Дані.

15. 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 кондиціонування повітря. — Одеса: ОНАХТ, 2019. —
34 с. — Електрон. текст. дані.

16. Магістерська робота [Електронний ресурс] : метод. вказівки до
виконання та оформлення роботи для студентів спец. 142 "Енергетичне
машинобудування" галузі знань 14 "Електрична інженерія" ден. та заоч. форм
навчання / Л. І. Морозюк, М. Г. Хмельнюк, О. В. Зімін ; відп. за вип. Л. І.
Морозюк. — Одеса, 2021. — 20 с.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.1.6	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121