

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ
ФАКУЛЬТЕТ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ
КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
СВО Магістр

на тему: Розробка та упровадження інноваційних
енергозберігаючих рішень для холодильних систем фруктосховищ

Виконав: студент ____ курсу, групи _____

спеціальності
142 «Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Мовчан В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Желіба Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Козаченко І.С.

(прізвище та ініціали)

2023

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ
ФАКУЛЬТЕТ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

Кафедра Холодильних установок і кондиціонування повітря
Освітній ступень Магістр
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк
М.Г.

« » _____ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мовчан Владислав Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та упровадження інноваційних
енергозберігаючих рішень для холодильних систем фруктосховищ

керівник роботи к.т.н., доцент Желіба Ю.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу 784-03 від 31.10.2022 р.

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Холодильник зберігання фруктів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Пошук можливих рішень з упровадження енергозберігаючих технологій у відношенні холодильної системи. Розгляд існуючих схемних рішень систем утилізації теплоти форконденсації. Варіантний розрахунок системи утилізації теплоти форконденсації на різних температурних рівнях. Оцінка можливості використання джерела природнього холоду для потреб підприємства та оцінка економічної доцільності технічного переоснащення. Розробка схемного рішення.

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

1) План холодильника на відм. 0.000 2) План компресорного відділення

3) Розріз холодильника 4) Змішуюча насосна станція 5) Схемне рішення

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання видав
Нормоконтроль	доц., к.т.н. Желіба Ю.О.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел з питань енергоефективності промислових холодильних установок		
2	Збір та аналіз кліматичних даних		
3	Розрахунок вузла використання природного холоду, оцінка ефективності, розробка схемного рішення.		
4	Розрахунок вузла утилізації теплоти форконденсації, оцінка ефективності, розробка схемного рішення.		
5	Проведення оптимізаційних розрахунків		
6	Розробка креслень холодильної установки		

Здобувач _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

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 _____

Мовчан Владислав Віталійович _____

Анотація

В роботі представлені варіанти розрахунки по впровадженню наступних технічних рішень націлених на зменшення споживання електричної енергії існуючого підприємства:

1. Розробка і аналіз варіантних рішень по утилізації теплоти конденсації на різних температурних рівнях, порівняння вартості одержуваної теплоти шляхом утилізації енергії перегрітих парів холодоагенту в порівнянні з теплою виробленою за допомогою електро енергії або природного газу.
2. Встановлення сухої градирні для охолодження проміжного холодоносія (35% водний розчин пропілен гліколю) в зимовий період за допомогою природного холоду.

Ключові слова:

Холодильна установка, енергозбереження, теплота фриконденсації, фрікулінг, часткове навантаження компресора, утилізація теплоти.

Summary

The paper presents calculations for the implementation of the following technical solutions aimed at reducing electrical power consumption of the existing enterprise:

1. Development and analysis of alternative solutions for the utilization of condensing heat at different temperature levels, comparing the cost of heat by utilizing the energy of superheated refrigerant vapors in comparison with the heat produced by electricity or natural gas.
2. Installation of a dry cooling tower for cooling the intermediate coolant (35% aqueous solution of propylene glycol) in the winter with natural cold.

Keywords:

Refrigeration unit, energy saving, heat of condensation, free cooling, partial compressor load, waste heat utilization.

Зміст

Вступ.....	4
1. Опис впроваджених енергозберігаючих технологій.....	8
2. Опис діючого режиму роботи холодильної установки.....	10
2.1 Перелік продукції що зберігається	10
2.2 Принципові технічні рішення системи охолодження.....	10
2.3 Планупальні рішення	11
2.4 Розрахунок теплоприпливів в охолодженні приміщення. Визначення теплового навантаження для підбору камерного устаткування і компресорів	13
2.4.1 Теплоприпливи через огорожуючі конструкції.....	14
2.4.2 Теплоприпливи від вантажів приїхній холодильній обробці.....	17
2.4.3 Теплоприпливи при вентиляції приміщень	17
2.4.4 Експлуатаційні теплоприпливи.....	18
2.4.5 Теплоприпливи від фруктів і овочів при їх диханні	19
2.5 Підбір компресорного обладнання	21
2.5.1 Опис холодоагента що застосовується.....	21
2.5.2 Технічні параметри компресора.....	22
3. Впровадження системи використання природнього холоду.....	25
3.1 Аналіз погодних умов з точки зору доцільності впровадження системи фрікулінгу	25
3.2 Оцінка річного споживання електроенергії компресорним агрегатом	35
3.3 Аналіз холодопродуктивності сухої градирні	47
3.4 Порівняльний економічний розрахунок.....	59
4. Впровадження системи утилізації теплоти форконденсації	62
4.1 Порівняння існуючих принципових рішень та розробка власного на їх основі	62
4.2 Визначення основних режимів роботи холодильної системи та варіантний розрахунок системи утилізації теплоти форконденсації	66
4.3 Підбір теплообмінного обладнання системи форконденсації	72
4.4 Розрахунок термінів окупності системи утилізації теплоти	74
5. Автоматизація	76
5.1 Автоматизація системи утилізації теплоти конденсації.....	76
6. Цивільний захист.....	78
7. Охорона праці	90
Література.....	106

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мовчан В.В.			Розробка та упровадження інноваційних енергозберігаючих рішень для холодильних систем фруктосховищ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Желіба Ю.О.					3	107
Н.контр.						гр.		
Ст. конс.								

Вступ

Актуальність теми. Необхідність раціонального використання та економії енергоресурсів обумовлена не тільки їх обмеженими запасами й екологічними проблемами. Збільшення споживання енергетичних ресурсів і загальносвітова проблема забруднення навколишнього середовища неминуче призведуть до ситуації, коли держава чи світове співтовариство будуть змушені вдаватися до економічних санкцій - нормування кількості електроенергії в собівартості одиниці кінцевого продукту. Це істотно позначиться на економічній ситуації в Україні, оскільки питомі витрати електроенергії на одиницю продукції практично будь-якого вітчизняного підприємства значно перевищують відповідні галузеві показники розвинутих країн.

Актуальність енергозбереження беззаперечна. Але вважається, що в умовах ринкової економіки зниження питомої енергоємності виробничих процесів буде відбуватися природним шляхом, визначатися фінансовими законами. При цьому на шляху до раціонального використання енергії безліч перешкод: брак фінансових ресурсів, тривалий строк окупності інвестицій в енергозбереження, відсутність дієвих засобів покарання за нерозумне використання електроенергії та завдану навколишньому середовищу шкоду, недостатній рівень професійної підготовки фахівців і багато чого іншого.

Держава і суспільство повинні створити цілісну адміністративну систему енергозбереження, яка змушувала б громадян, незалежно від рівня освіти і професії, у будь-яких умовах і завжди діяти в напрямку зниження споживання електроенергії. Простіше кажучи - потрібні стимули та засоби! Але сьогодні більшість керівників і фахівців підприємств упевнено заявить, що в них недостатньо реальних стимулів і практично немає ресурсів для втілення в життя політики енергозбереження. Дійсно, ніхто особисто не зацікавлений в економії електроенергії. Генеруючим організаціям вигідно багато виробляти, тому що електроенергія - товар, що користується попитом; споживач згоден багато використовувати - це високотехнологічний рівень виробництва і комфорт; енергопостачальним організаціям важливо багато продавати - це їхній бізнес; а продавців холодильного обладнання, проектувальників, монтажників і навіть інвесторів не цікавлять майбутні економічні проблеми споживача електроенергії. При цьому держава також зацікавлена в чималих обсягах виробництва електроенергії, адже енергетичний сектор - одне з основних джерел поповнення бюджету. Ця теза справедлива тільки за умови, що споживач своєчасно сплачує за енергетичні послуги. Відсутність реальних стимулів до енергозбереження на тлі стереотипів ставлення до "безкоштовної" енергії, що склалися в громадян України, а також недостатня професійна підготовка фахівців фактично паралізували величезний потенціал методів і засобів боротьби з втратами енергії, її нераціональним використанням.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лише адміністративними важелями управління не можна вирішити глобальні задачі енергозбереження. На початковому етапі такий підхід дійсно забезпечить вагому частку зниження питомого та загального енергоспоживання, але не зможе замінити роз'яснювальну та просвітницьку роботу, підготовку та навчання фахівців, у тому числі з енергетичного менеджменту й аудиту, виховання усвідомленого споживання енергоресурсів у кожного громадянина.

Енергозбереження - частина державної політики. Безперечно, що її інтереси обмежуються великими проектами і програмами, спрямованими на одержання значних у державному масштабі результатів. До таких програм обов'язково будуть віднесені програми енергозбереження в області виробництва і споживання штучного холоду. Адже не секрет, що в розвинутих країнах виробники холоду споживають до 20% електроенергії, що продається. У найближчому майбутньому область застосування й обсяги використання штучного холоду будуть тільки розширюватися. Це обумовлене зростаючими вимогами до якості продукції й інтенсифікації процесів термообробки, поширенням використання систем кондиціонування повітря тощо. Отже, надалі енерговитрати на роботу холодильних систем будуть збільшуватися, а задачі енергозбереження стануть ще актуальнішими. Навіть незначне підвищення ефективності виробництва і споживання штучного холоду може зробити вагомий внесок у виконання державної програми енергозбереження, привести до помітного скорочення обсягів споживання електроенергії. За результатами численних досліджень і прямих вимірювань потенціал енергозбереження існуючих промислових холодильних систем на переробних підприємствах харчової промисловості в середньому складає 50-60% від загального споживання електроенергії.

Сьогодні задачі енергозбереження вирішуються в усіх сферах життєдіяльності людини, але холодильне обладнання й промислові холодильні системи, на жаль, майже скрізь не охоплені цим процесом. Багато споживачів і не підозрюють про потенціал енергозбереження, а отже, й не шукають шляхів його реалізації. Таким чином, енергоємність одиниці холоду (або характеристики, з нею пов'язані) належним чином не контролюється ні під час прийняття технічних рішень на етапі проектування й експертиз, ні на етапі обладнання та здачі в експлуатацію холодильних систем, ні протягом усього терміну їх експлуатації, який, як правило, більше, ніж розрахунковий ресурс роботи. В багатьох галузях економіки уже здійснюється сертифікація товарів та обладнання, що випускаються, за рівнем енергоспоживання, упроваджується система енергетичного маркування побутової холодильної техніки та систем кондиціонування повітря, і останнє, розуміння принципів одержання штучного холоду для фахівців загальнотехнічного і навіть енергетичного профілю найменш доступне, як через складність процесів, так і через достатню надійність холодильних систем, можливість їх обладнання «під ключ», а отже, і відсутність необхідності самого розуміння.

Традиційно основними показниками ефективності холодильної установки є:

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

холодопродуктивність на заданому температурному рівні, холодильний коефіцієнт, коефіцієнт термотрансформації (COP), які у свою чергу залежать від режимів роботи систем. В економічних розрахунках використовують ще й величину, обернену холодильному коефіцієнту ($S = 1/\varepsilon$). Класичні критерії однозначно допомагають визначитися з вибором компресорного обладнання, циклом парокомпресійної холодильної установки та її принциповим схемним рішенням, але ніяк не можуть допомогти розв'язати задачу оцінки ефективності всієї холодильної установки (системи), точніше, ефективності і виробництва, і використання штучного холоду. Адже не можна забувати, що компресор у холодильній системі іноді споживає не більше 40% електроенергії від загальних її витрат. Значна частина енергії йде на забезпечення роботи допоміжного (відносно компресора) обладнання, використовується для транспортування холоду до кінцевого споживача, на те, щоб забезпечити інтенсивність відбирання теплоти від об'єкта охолодження і скидання тепла конденсації в навколишнє середовище. Ази освіти, закладені під час вивчення курсів класичної термодинаміки і холодильних машин, плюс тендерні обдурювання продавцями холодильного обладнання за допомогою типових програм підбору компресорів із демонстрацією можливості одержання високих значень COP дуже часто призводять до вибору не найоптимальніших з енергетичної точки зору рішень. Тому найбільш інформативним показником енергетичної ефективності холодильної установки, як і раніше, є питома витрата електроенергії - кількість кВт*год електроенергії, необхідної для виробництва одиниці (1000 кДж*год чи тис. ккал) холоду.

Підвищення ефективності виробництва штучного холоду може здійснюватися як шляхом поліпшення конструкцій окремих елементів холодильної системи і розробки більш досконалих процесів, що відбуваються у цих елементах, так і за рахунок вибору та забезпечення раціональних режимів експлуатації. Окремою позицією може виступати "підтримування технічного стану систем на належному рівні", але багато фахівців поєднують цю проблему з експлуатаційними факторами, що визначають раціональне споживання електроенергії. Отже, питома витрата електроенергії для виробництва штучного холоду визначається безліччю взаємопов'язаних факторів. Їх можна розділити на залежні від прийнятих проектних рішень (типів холодильників та ізоляційних конструкцій, термодинамічного циклу та схемного рішення, ефективності холодильного обладнання та систем охолодження, технологічних виробничих процесів споживання холоду) і від рівня експлуатації холодильного обладнання. Якщо говорити про енергетичну ефективність холодильної системи в цілому, то необхідно також розглядати рівень утилізації тепла конденсації, використання природного холоду, нетрадиційних (відновлюваних) видів енергії, малоенергоємних технологічних процесів тощо. В ідеалі витрату енергії необхідно оцінювати більш критично, починаючи з енергоспоживання на стадії створення та виробництва обладнання і систем і закінчуючи моментом вичерпання їхнього

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурсу з урахуванням витрат на утилізацію. Однак це задача завтрашнього дня, а сьогодні не менш важлива задача аналізу енергоспоживання існуючих холодильних установок, вибору правильних шляхів їх реконструкції та модернізації. Адже, незважаючи на те, що енергоємність одиниці холоду багато в чому визначається конструкцією і технічними рішеннями на стадії проектування та монтажу, можна істотно поліпшити енергетичні характеристики роботи існуючих холодильних систем.

Ефективно працююча холодильна система - велика рідкість, і причина цього - недостатнє розуміння впливу основних експлуатаційних факторів на робочі характеристики установок, оптимальні для конкретних умов значення тиску конденсації та кипіння холодильного агенту. Призначення холодильної установки полягає в тому, щоб поглинати теплову енергію на низькому температурному рівні і відводити цю ж енергію при більш високому. Для цього необхідно виконувати роботу. Чим більша різниця температур, тим більша виконувана робота. Тому як при проектуванні, так і при експлуатації холодильних установок необхідно намагатися забезпечити мінімальну «температурну вилку». А відсутність зацікавленості в енергозбереженні проектувальника і неправильні дії або просто бездіяльність обслуговуючого персоналу найчастіше не вирішують цієї задачі, а отже, визначають нераціональне споживання енергії у великих обсягах. Немає ніяких сумнівів у тому, що достатній професіоналізм і відповідальність обслуговуючого персоналу, а можливо, і заходи з його стимулювання можуть визначити високу ефективність і виробництва, і споживання штучного холоду. Тим більше, що для цього є всі економічні стимули.

Об'єктом розгляду дипломного проекту є холодильна система фруктосховища.

Дипломна робота передбачає дослідження та упровадження інноваційних енергозберігаючих рішень що призведуть до зниження споживання електроенергії яз зокрема холодильною системою так і логістичного комплексу вцілому. Організація охорони праці і техніка безпеки на проектованому об'єкті розглядаються в розділі Охорона праці. Питання організації протидії аварійним ситуаціям і аваріям на об'єкті (відповідно до Завдання на проектування використаний робочий агент холодильної установки – фреон, R-134a) і іншими НС виконані в розділі Цивільна оборона. Обґрунтованість будівництва об'єкту підтверджується техніко-економічним обґрунтуванням і економічними розрахунками.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Опис впроваджених енергозберігаючих технологій

а) Встановлення сухої градирні для охолодження проміжного холодоносія (35% водний розчин пропілен гліколю) в зимовий період за допомогою природного холоду.

«Free Cooling» або фрікулінг - це холодильна система, що передбачає режим природного охолодження. При його наявності в холодну пору року рідина охолоджується не в випарнику, а спеціальному теплообміннику - драйкулері, де в якості джерела охолодження використовується зовнішнє повітря з низькою температурою. В цьому випадку чиллер обладнаний додатковим контуром охолодження, по якому циркулює незамерзаючий водний розчин.

У регіонах з помірним і холодним кліматом наявність фрікулінга допомагає істотно економити електроенергію в осінньо-зимовий період. У драйкулері від електроенергії працюють тільки осьові вентилятори, в той час як в інших типах холодильних агрегатів електрика потрібна також для роботи випарника. При наявності системи вільного охолодження компресор - основний споживач електроенергії - працює значно менше, що стає додатковим джерелом економії.

Крім того, більшість сучасних драйкуллерів оснащені частотними перетворювачами, які дозволяють регулювати швидкість обертання лопастей вентилятора.

Чиллер з природним охолодженням може використовувати фрікулінг повністю або частково. У першому випадку охолодження повітря відбуватися при повністю вимкненому компресорі за рахунок гліколевого контуру, у другому - компресор працює в половину навантаження, а гліколевий контур використовується паралельно для охолодження повітря в приміщенні і конденсатора.

б) Розробка і аналіз варіантних рішень по утилізації теплоти конденсації на різних температурних рівнях, порівняння вартості одержуваної теплоти шляхом утилізації енергії перегрітих парів холодоагенту в порівнянні з теплотою виробленої за допомогою електро енергії.

Вільне тепло пароохолодження і / або конденсації в конденсаторі можна утилізувати для інших потреб, якщо в цьому є необхідність. Його можна використовувати для повітряного опалення офісів або магазинів, нагріву питної або технологічної води, попереднього нагріву води для котлів і т.д. Для того, щоб утилізація тепла була економічно вигідна, необхідно переконатися, що кількість вільного тепла збігається з потребами в нагріванні за часом, температурою і витратою. Наприклад, для підготовки гарячої води, де потрібна висока температура може пройти вторинну переробку тепло пароохолодження, а

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для повітряного опалення офісів можна, як правило, розглянути можливість утилізації тепла конденсації.

Для забезпечення безвідмовної і ефективної роботи систем охолодження з утилізацією тепла необхідно розробити надійну систему регулювання і управління. Метою системи регулювання є забезпечення узгодженої роботи систем утилізації тепла і охолодження:

1. Основна функція системи охолодження повинна забезпечуватися незалежно від того, працює система утилізації тепла чи ні. При непрацюючій системі утилізації тепла тиск конденсації не повинен бути занадто високим.

А для систем з безпосереднім кипінням тиск конденсації не повинен бути ще й занадто низьким.

2. Повинні бути дотримані вимоги і щодо системи утилізації тепла, наприклад, вимоги щодо температури і витрати тепла.

3. Повинно бути забезпечено безвідмовне двопозиційне регулювання контуру утилізації тепла у відповідності з навантаженням. Для системи утилізації тепла потрібна складна система регулювання, яка може змінюватися в залежності від холодильної установки.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Опис діючого режиму роботи холодильної установки

2.1 Перелік продукції що зберігається

Сучасний холодильник зберігання фруктів має підлаштовуватись під умови ринку, де на теперішній час однією з умов є його універсальність.

Виконавши аналіз плодоовочевих культур, що присутні на полицях супермаркетів, а одже і з великою вірогідністю потраплять на зберігання у холодильник, було встановлено, що умови зберігання мають досить широкий діапазон температурних рівнів. Проте, можливо виокремити 2 температурних рівні, що задовольняють абсолютну більшість випадків – це 13 °С та 0 °С.

Таблиця 2.1.1 Перелік плодоовочевих культур для зберігання.

№	Фрукт	Температура зберігання, °С	Вологість у камері, %
1	Авокадо	13	85...90
2	Банан	13...15	90...95
3	Лимон	10...13	85...90
4	Лайм	9...10	85...90
5	Апельсин	3...9	85...90
6	Памело	9...10	85...90
7	Грейпфрут	14...15	85...90
8	Манго	13	85...90
9	Папайя	7...13	85...90
10	Ананас	7...13	85...90
11	Персик	-0.5...0	90...98
12	Виноград	-0.5...0	90...95
13	Яблука	-1...1	90...95
14	Груша	-1...0	90...95

2.2 Принципові технічні рішення системи охолодження

Для задовільнення умови гнучкості параметрів роботи системи охолодження, та упровадження універсальності камер зберігання, було прийняте рішення використати схемне рішення з проміжним холодоносієм.

Для регулювання температури в камерах у діапазоні від 0 °С та 13 °С можливо, як виконати зміну налаштувань компресорного агрегату, що вплине одночасно на весь холодильник, так і за допомогою розроблених у данному проекті регулюючим насосним станціям, завдяки яким можливо підтримувати температуру у окремій камері. На рис.2.1.1 показана принципова схема роботи насосної станції, принцип якої базується на якісному регулюванні триходовим клапаном. За

необхідності підвищити температуру у камері – клапан зменшує надходження заохолодженого гліколю до малого кільця циркуляції.

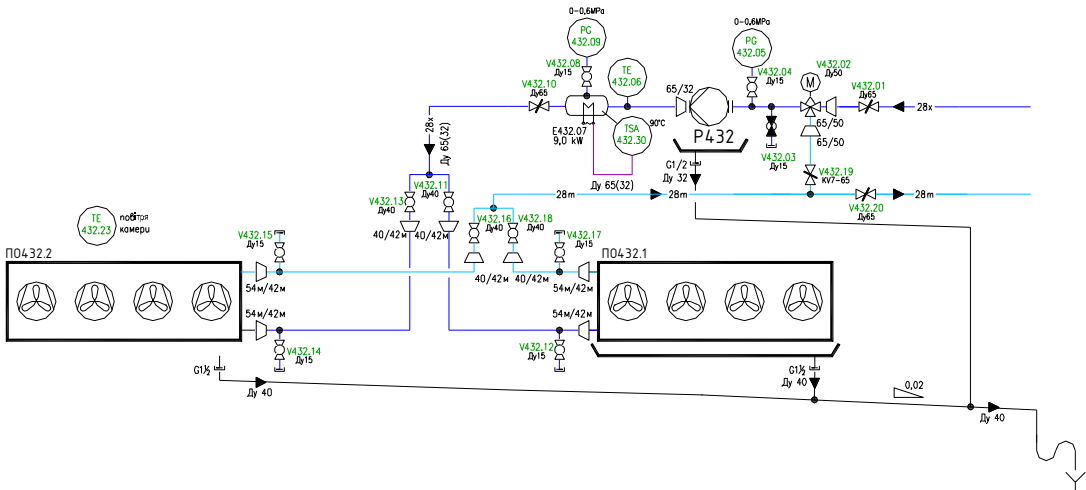


Рис. 2.2.1 – Принципова схема регулюючої станції

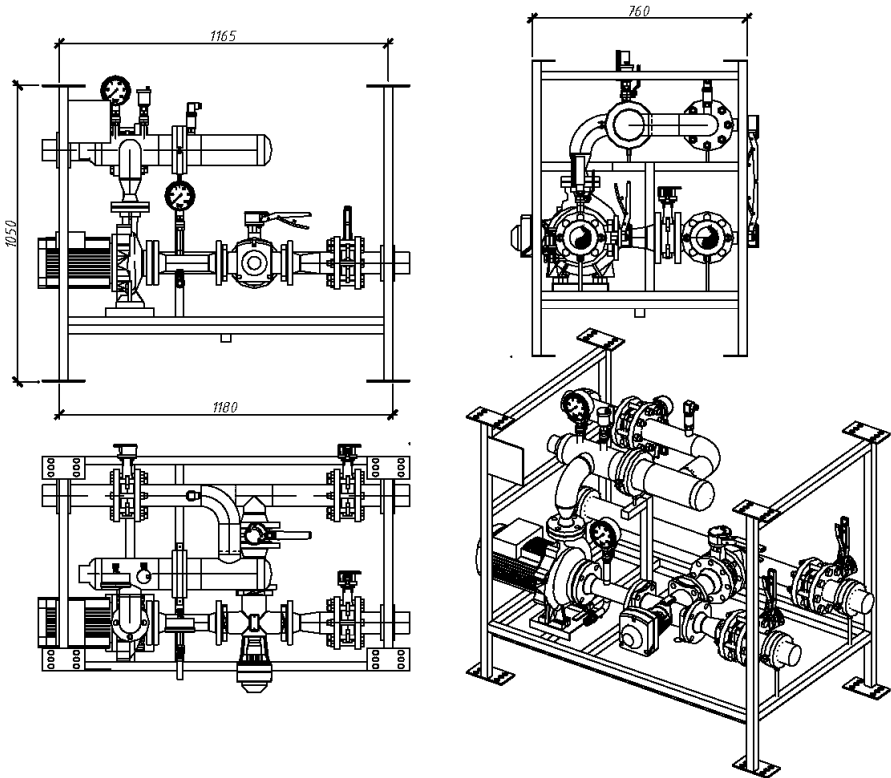


Рис. 2.2.2 – Регулююча насосна станція камери

2.3 Планувальні рішення

Об’ємно-планувальні рішення підприємства, що будується, визначаються вимогами завдання на проектування. Планувальне рішення виконано як розширення вже збудованої черги холодильника логістичного центру, генплан якого наведено2.3.2, та розроблено виродячи з доступної прощі під забудівлю, і логістичними маршрутами та взаєморозташуванням приміщень наслідує концепцію першої черги.

Розроблене об'ємно-планувальне рішення камер холодильника зберігання фруктів представлене на рисунку 2.3.1.

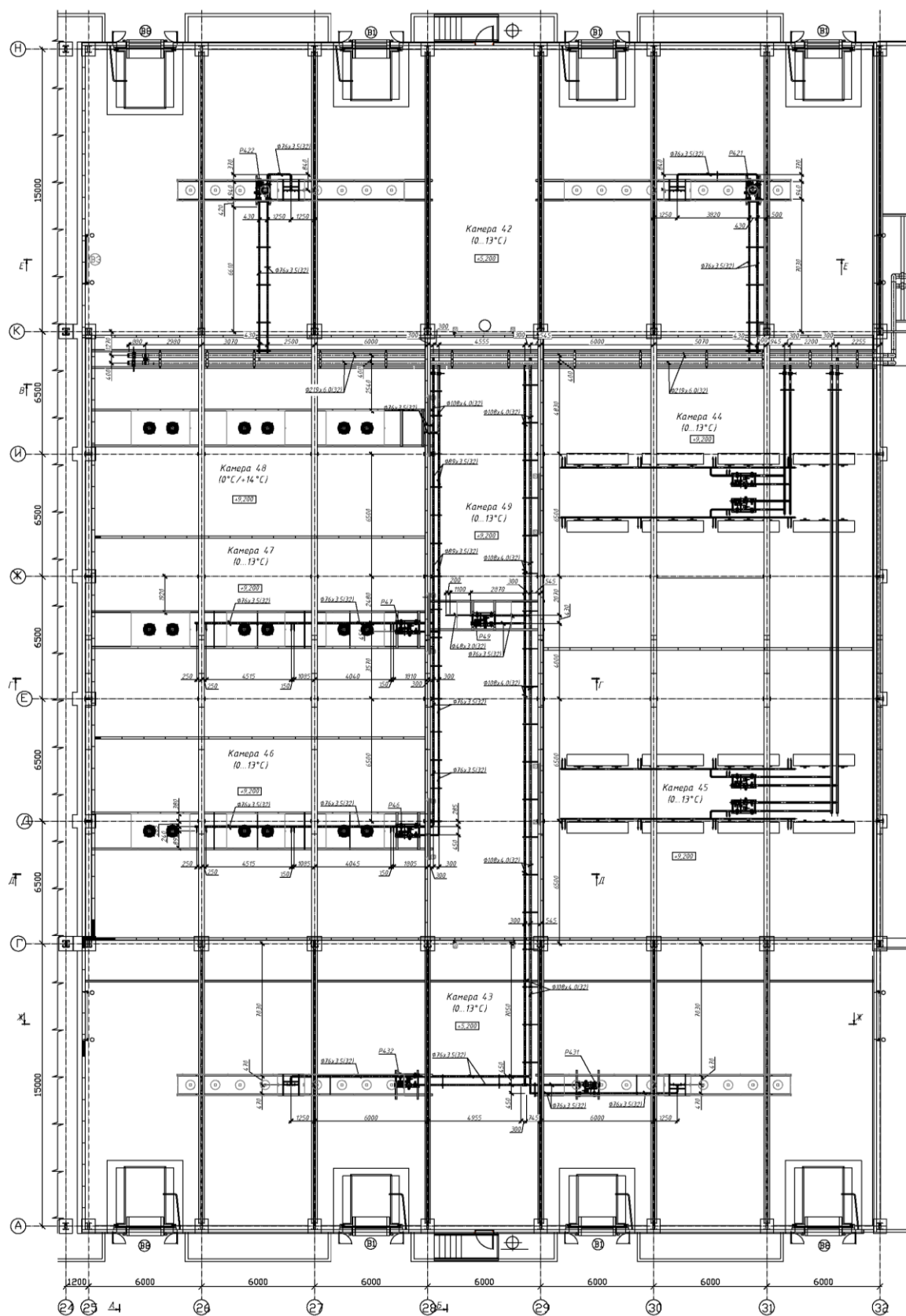


Рис. 2.3.1 - Планування камер другої черги холодильника зберігання фруктів

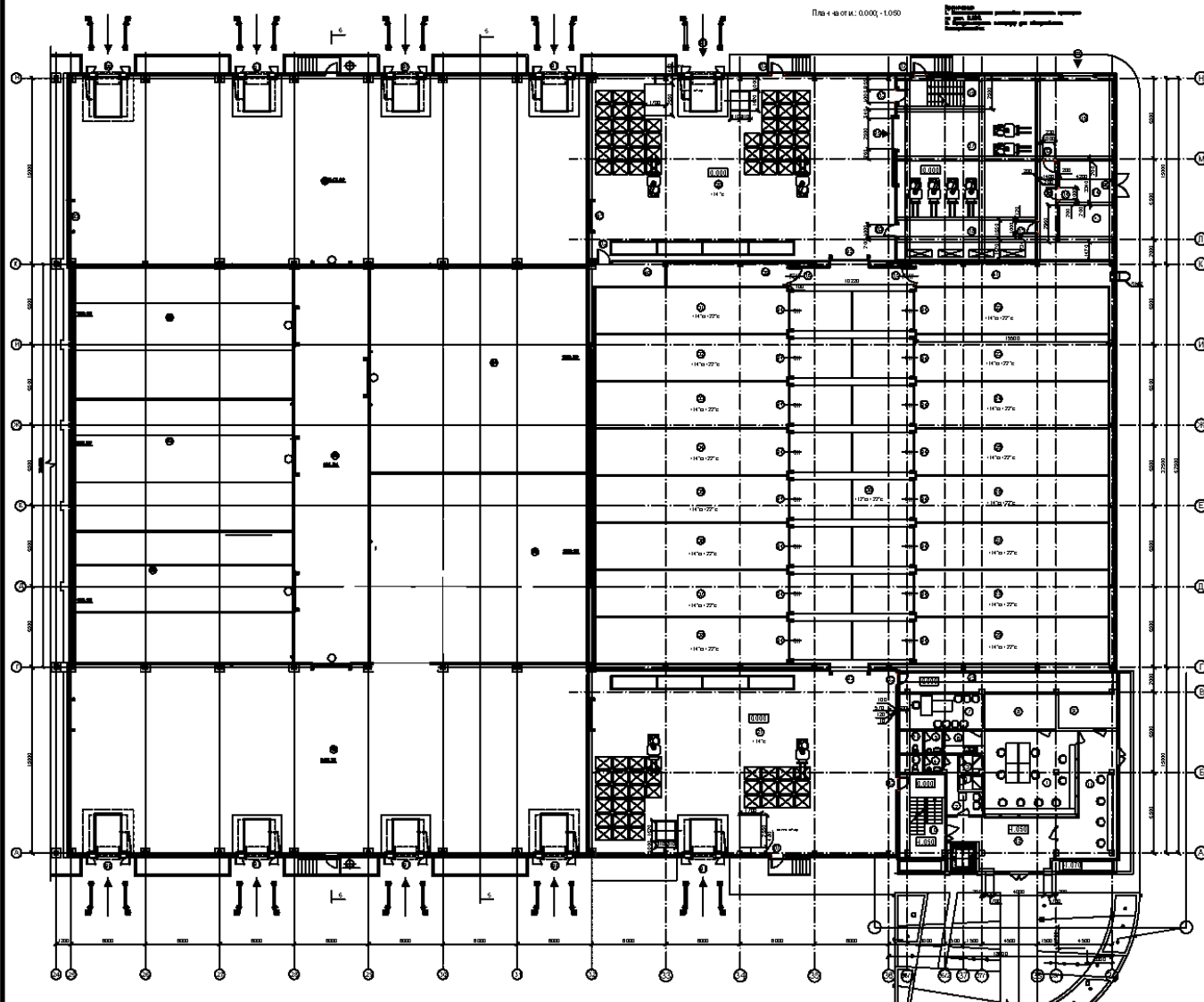


Рис. 2.3.2 - Планування камер другої черги холодильника зберігання фруктів

2.4 Розрахунок теплоприпливів в охолоджувані приміщення. Визначення теплового навантаження для підбору камерного устаткування і компресорів

Визначення теплоприпливів від різних джерел тепла в охолоджувані приміщення (для кожного окремо) виконується з метою підбору типів і розмірів приладів, що охолоджують, і холодильних установок. При визначенні розрахункових теплових навантажень виходять з передумови збігу максимальних теплоприпливів. Для підтримки заданого температурного режиму в камері необхідно, щоб всі теплоприпливи, що надходять в охолоджуване приміщення, відводилися камерним устаткуванням (повітроохолоджувачами, згідно завданню на

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.XYKP.1.784-03.2.20

Арк.

13

проектування).

Загальний теплоприплив в камеру визначають як суму теплоприпливів через огорожуючі конструкції приміщення, викликані наявністю різниці температур зовні і усередині охолоджуваного приміщення, а також теплоприпливів в результаті дії сонячної радіації через покриття і зовнішні стіни (Q_1 , Вт); теплоприпливів від вантажів і тари при холодильній обробці (Q_2 , Вт); теплоприпливів від зовнішнього повітря при вентиляції приміщень (Q_3 , Вт); експлуатаційних теплоприпливів, які виникають унаслідок освітлення камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів і відкриття дверей (Q_4 , Вт); теплоприпливів від продуктів рослинного походження, що виникають в результаті їх "дихання" (Q_5 , Вт).

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (2.4.1)$$

Проведемо розрахунок теплоприпливів до камери короткочасного зберігання фруктів № 46.

2.4.1 Теплоприпливи через огорожуючі конструкції

Теплоприпливи через огорожувальні конструкції визначаються за формулою

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}, \quad (2.4.1)$$

де Q_{1T} , Q_{1c} – теплоприпливи в охолоджуване приміщення, що виникають відповідно в результаті різниці температур з обох боків огорожі і в результаті дії сонячної радіації, Вт.

Теплоприпливи, що виникають під впливом дії різниці температур, Q_{1T} визначаються за формулою

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_z - t_k) \cdot 10^{-3}, \quad (2.4.2)$$

де k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огорожі, визначуваний при розрахунку товщини ізоляційного шару, Вт/(м²·К),

F – розрахункова площа поверхні огорожі, м²,

t_z – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С,

t_k – розрахункова температура повітря усередині охолоджуваного приміщення, °С.

Теплоприпливи через зовнішні стіни і покриття враховуємо повністю при розрахунку теплових навантажень на компресори і теплообмінне устаткування холодильних камер.

Теплоприпливи через підлогу, розташовану на ґрунті і не має обігрівальних пристроїв визначається підсумовуванням тепловтрат через умовні зони шириною 2 м (рисунки 2.3.1) за формулою

$$Q_{1T} = \Sigma (k_{ym} \cdot F \cdot (t_z - t_k) \cdot m \cdot 10^{-3}), \quad (2.4.3)$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $k_{ум}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги, Вт/(м²·К) [для підлоги без теплоізоляції для зон I, II, III відповідно рівний 0,47; 0,23; 0,12, а решти зони підлоги (зона IV) $k_{ум} = 0,07$ Вт/(м²·К)];

F – площа відповідної зони підлоги, м²; площу ділянки підлоги розміром 2×2, що примикає до кута зовнішніх стін враховують двічі;

m – коефіцієнт, що характеризує відносне зростання термічного опору підлоги за наявності ізоляції, для неізольованої підлоги $m=1$.

t_k – розрахункова температура повітря усередині охолоджуваного приміщення, °С.

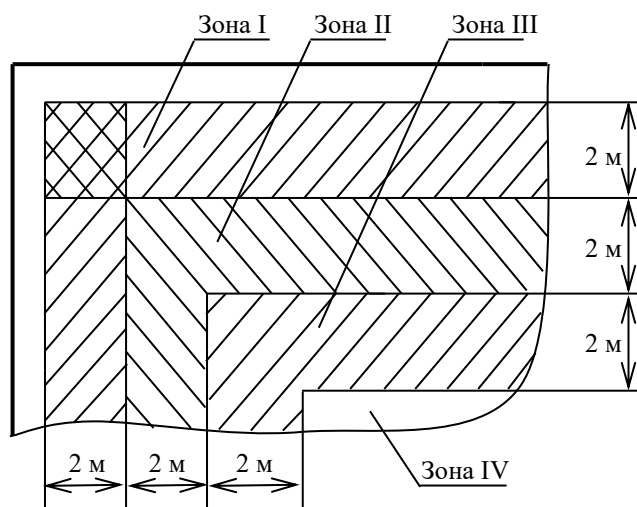


Рис. 2.4.1 - Розбиття підлоги на умовні зони

Теплоприпливи через підлогу враховуємо повністю при розрахунку теплових навантажень на компресори і теплообмінне устаткування холодильних камер.

Теплоприпливи від дії сонячної радіації визначаємо за рівнянням

$$Q_{1c} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \quad (2.4.4)$$

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

F – площа поверхні огорожі, що опромінюється сонцем, м²,

Δt_c – надмірна різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації в літній час, °С.

Теплоприпливи від дії сонячної радіації враховуємо повністю при розрахунку теплових навантажень на компресори і теплообмінне устаткування холодильних камер.

Теплоприпливи через перегородки між камерами визначаємо за залежністю

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1T}=K_d \cdot F \cdot (t_{KH}-t_K), \quad (2.4.5)$$

де t_{KH} – температура в суміжній камері, звідки надходять теплоприпливи, °С.

Теплоприпливи через перегородки між охолоджуваними приміщеннями враховуємо повністю при розрахунку теплових навантажень на компресори і теплообмінне устаткування холодильних камер.

Розрахунок теплоприпливів через огородження до камери

Стіна внутрішня північна:

$$Q_{1T}=0,33 \cdot 157,5 \cdot (23-(13)) = 520 \text{ Вт}$$

Стіна внутрішня східна:

$$Q_{1T}=0,33 \cdot 94,5 \cdot (23-(13)) = 312 \text{ Вт}$$

Стіна внутрішня південна:

$$Q_{1T}=0,33 \cdot 157,5 \cdot (23-(13)) = 520 \text{ Вт}$$

Стіна зовнішня західна:

$$Q_{1T}=0,33 \cdot 94,5 \cdot (30-(13)) = 530 \text{ Вт}$$

Підлога:

$$Q_{1T}=0,33 \cdot 183,8 \cdot (1-(13)) = 0 \text{ Вт}$$

Покриття:

$$Q_{1T}=0,33 \cdot 183,8 \cdot (30-(13)) = 1030 \text{ Вт}$$

Загальний теплоприплив до камери через огорожуючі конструкції, що виникають під впливом дії різниці температур складає:

$$Q_{1T}=520 + 312 + 520 + 530 + 0 + 1030 = 2185 \text{ Вт}$$

Теплоприпливи від сонячної радіації

Покриття:

$$Q_{1c}=0,33 \cdot 94,5 \cdot 17,7=552 \text{ Вт}$$

Загальний теплоприплив до камери через огорожуючі конструкції складає:

$$Q_1=2185 + 552 = 2737 \text{ Вт}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.2 Теплоприпливи від вантажів приїхній холодильній обробці

Теплоприпливи від продуктів при холодильній обробці визначаємо за формулою

$$Q_{2п}=Q_2 = M \cdot (h_1 - h_2) \cdot 10^{-3} / (16 \cdot 3600) \cdot 1,3, \quad (2.4.6)$$

де M – добове надходження продуктів в камеру, приймаємо в розмірі 9720 кг, що становить 10% від місткості камери;

h_1 – ентальпія вантажу (банан +13°C) до холодильної обробки, кДж/кг;

h_2 – ентальпія вантажу (банан +14°C) після холодильної обробки, кДж/кг;

1,3 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність теплового навантаження;

Теплоприпливи від вантажів:

$$Q_{2п}=9720 \cdot (515-503,7) / (24 \cdot 3600) = 1,3 \text{ кВт}$$

2.4.3 Теплоприпливи при вентиляції приміщень

Вентиляція охолоджуваних приміщень передбачається для видалення продуктів подиху охолоджених плодів і овочів при їхнім зберіганні в камерах холодильника.

Теплоприпливи при вентиляції камер визначаються у такий спосіб:

$$Q_3 = V_{б\text{уд}} \cdot a \cdot \rho_k \cdot (h_3 - h_k) / (\tau \cdot 3600), \text{ кВт} \quad (2.4.7)$$

де $V_{б\text{уд}}$ – будівельний об'єм вентилязованого приміщення, м³;

для камери №1 $V_{б\text{уд}} = 10,5 \times 17,5 \times 9 = 1653,7 \text{ м}^3$;

розміри інших камер аналогічні розмірам камери №1, тому розрахунок теплоприпливів із зовнішнім повітрям при вентиляції приміщення приводимо лише для камери №1.

a – кратність повітрообміну в добу;

ρ_k – щільність повітря при температурі і відносній вологості охолоджуваного приміщення, кг/м³;

h_3 – ентальпія зовнішнього повітря при розрахунковій температурі і відповідній відносній вологості, кДж/кг;

h_k – ентальпія повітря при температурі і відносній вологості в охолоджуваному приміщенні, кДж/кг;

τ – щодобовий інтервал часу, протягом якого роблять вентиляцію камери, годин.

При безперервному вентиляванні холодильної камери $\tau = 24$ години.

Приймаємо кратність повітрообміну для камер схову плодів і овочів $a = 3$.

Щільність повітря при температурі 0 °C і відносній вологості 95% охолоджуваного приміщення дорівнює:

$$\rho_k = 1,293 \text{ кг/м}^3$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ентальпія зовнішнього повітря при температурі 34 °С і відносній вологості 62% складає:

$$h_3 = 78 \text{ кДж/кг}$$

Ентальпія повітря при температурі 0 °С і відносній вологості 90% в охолоджуваному приміщенні складає:

$$h_k = 9 \text{ кДж/кг}$$

Розраховуємо теплоприплив із зовнішнім повітрям при вентиляції камер:

$$Q_3 = 1653,7 \cdot 4 \cdot 1,293 \cdot (78 - 9) / (24 \cdot 3600) = 6,9 \text{ кВт}$$

2.4.4 Експлуатаційні теплоприпливи

Експлуатаційні теплоприпливи Q_4 визначаємо як суму окремих складових

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (2.4.8)$$

де q_1 – теплоприпливи від освітлення, Вт;
 q_2 – теплоприпливи від перебування людей, Вт;
 q_3 – теплоприпливи від працюючих електродвигунів, Вт;
 q_4 – теплоприпливи через відкриті двері, Вт.

Теплоприпливи від освітлення

$$q_1 = A \cdot F_{\text{буд}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.4.9)$$

де A – питомий теплоприплив від освітлення, Вт/м²;
 $F_{\text{буд}}$ – будівельна площа охолоджуваного приміщення, м².

Теплоприпливи від людей, що працюють в камері

$$q_2 = 350 \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.4.10)$$

де 350 – тепловиділення однієї людини при середній інтенсивності роботи, Вт;
 n – число людей, що працюють в приміщенні, приймаємо для камери охолодження м'яса в напівтушах $n=2$.

Теплоприпливи від вентиляторів повітроохолоджувачів (при розташуванні електродвигунів усередині охолоджуваного приміщення). Передбачається, що тривалість роботи повітроохолоджувачів на протязі доби становить 16 годин. У камері охолодження м'яса в напівтушах встановлено 4 повітроохолоджувача.

$$q_3 = \Sigma N_{\text{дв}} \quad (2.4.11)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигунів, кВт;
 $\tau_{\text{дв}}$ – тривалість роботи двигунів.

Теплоприпливи при відкритті дверей

$$q_4 = K \cdot F_{\text{стр}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.4.12)$$

де K – питомий теплоприплив через відкриті двері, Вт/м².

$$q_1 = 2,3 \cdot (6 \cdot 9,5) \cdot 10^{-3} = 0,13 \text{ кВт},$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_2 = 350 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ кВт},$$

$$q_3 = 0,23 \cdot 9 = 2,07 \text{ кВт},$$

$$q_4 = 20 \cdot (6 \cdot 9,5) \cdot 10^{-3} = 1,14 \text{ кВт},$$

$$Q_4 = 0,13 + 0,7 + 3 + 1,14 = 6,37 \text{ кВт}.$$

При розрахунку навантаження на устаткування холодильної камери враховуємо всю величину експлуатаційних теплоприпливів, а при розрахунку на компресор враховуємо 75% від отриманої суми.

2.4.5 Теплоприпливи від фруктів і овочів при їх диханні

Проектований холодильник передбачається використовувати для короткочасного зберігання широкого спектру харчових продуктів, у тому числі овочів і фруктів. У зв'язку з цим необхідно передбачити можливість надходження теплоприпливів від дихання вантажів плодоовочевої групи (яблука, цитрусові і ін.).

Теплоту дихання фруктів і овочів визначаємо по останньому дню завантаження камери (умовний вантаж - банан):

$$Q_5 = G_k \cdot (0,1 \cdot q_{гр1} + 0,9 \cdot q_{гр2}), \quad (2.4.13)$$

де $q_{гр1}$ – 160 Вт/т;

$q_{гр2}$ –тепловиділення плодів при температурі зберігання в камері, 150 Вт/т;

G_k –ємність камери, т.

Теплоту дихання однієї камери знайдемо:

$$Q_5 = 97,2 \cdot (0,1 \cdot 150 + 0,9 \cdot 140) = 13\,705,7 \text{ Вт} = 3,7 \text{ кВт}.$$

Для розрахунку економічного ефекту від впровадження системи фрікулінгу необхідно провести розрахунок не лише для теплого періоду року, коли теплове навантаження на систему максимальне, а і у холодний період. Теплове навантаження від огорожень та вентиляції повітря камер в продовж холодний період року відсутнє. Інтенсивність товарообігу у холодильнику в продовж року не змінна. Результати розрахунків теплоприпливів всіх камер для умов холодної та теплої порів року зводимо до таблиці 4.5.1.1.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5.1.1 – Теплове навантаження на систему охолодження

№	Приміщення	Теплове навантаження літо (+31°C), кВт	Теплове навантаження Зима (+13°C), кВт
42	Рампа	47,1	34,1
43	Рампа	47,1	34,1
44	Камера	56,8	41,8
45	Камера	56,8	41,8
46	Камера	28,6	16,5
47	Камера	28,6	16,5
48	Камера	28,6	16,5
49	Коридор	16,3	8,2
	Загалом	308,5 кВт	209,5 кВт

Для проміжних значень температур теплове навантаження визначаємо по двом точкам методом лінійної інтерполяції, та зображуємо на графіку рис. 2.4.1

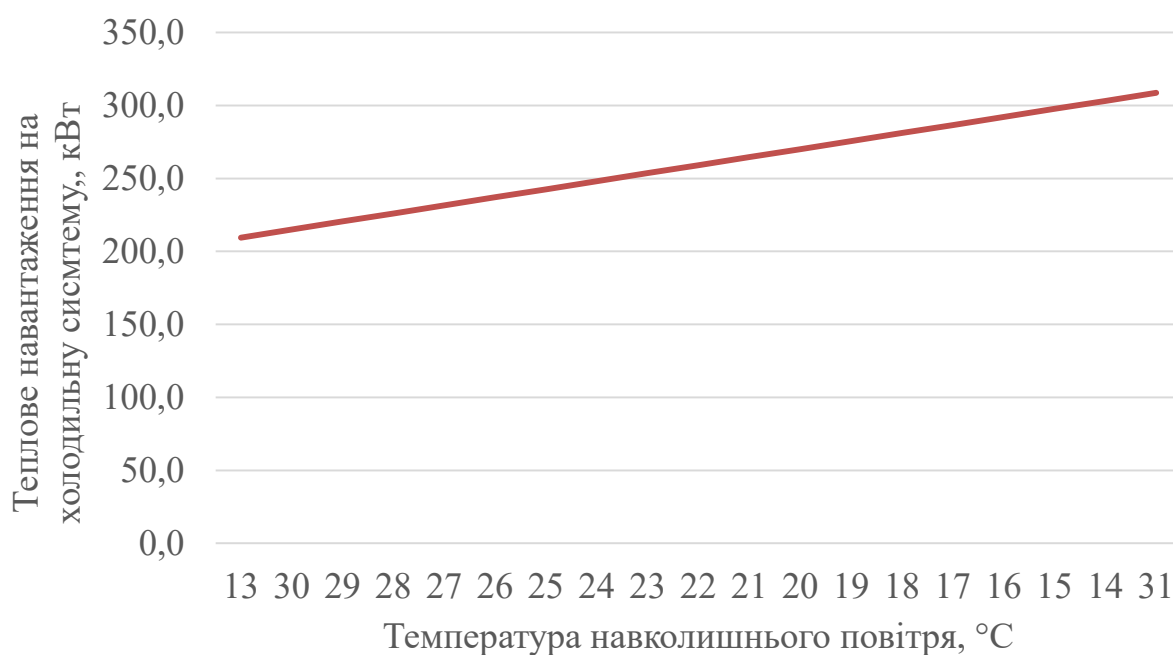


Рис 4.2.1 – Теплове навантаження на систему охолодження в залежності від температури навколишнього повітря.

2.5 Підбір компресорного обладнання

2.5.1 Опис холодоагента що застосовується

Холодоагент R-513A є азеотропною сумішшю HFC+HFO і прямою заміною R-134a. Як і всі холодоагенти HFC+HFO, він не завдає шкоди озоновому шару. Його безпека класифікується як A1, група L1, що означає, що він має низьку токсичність і негорючий.

Основні властивості:

- Хороша альтернатива R-410a для нових середньо- та високотемпературних систем.
- Це пряма заміна R-134a в існуючому комерційному та промисловому середовищі.
- Сумісний з обладнанням, компонентами, мастилом і з'єднаннями R-134a.
- Має низький потенціал глобального потепління (GWP). Зниження на 55,87% у порівнянні з R-134a.
- Сумісний із синтетичними оливами POE.

Токсичність і зберігання

R-513A є речовиною з дуже низькою токсичністю. Пари R-513A важчі за повітря, тому мають тенденцію накопичуватися біля підлоги. Високі концентрації в атмосфері можуть викликати анестезуючий ефект і задуху. Тривалий вплив може призвести до серцевої аритмії та може спричинити раптову смерть. Балони R-513A слід зберігати в прохолодному та добре провітрюваному місці, подалі від джерел тепла.

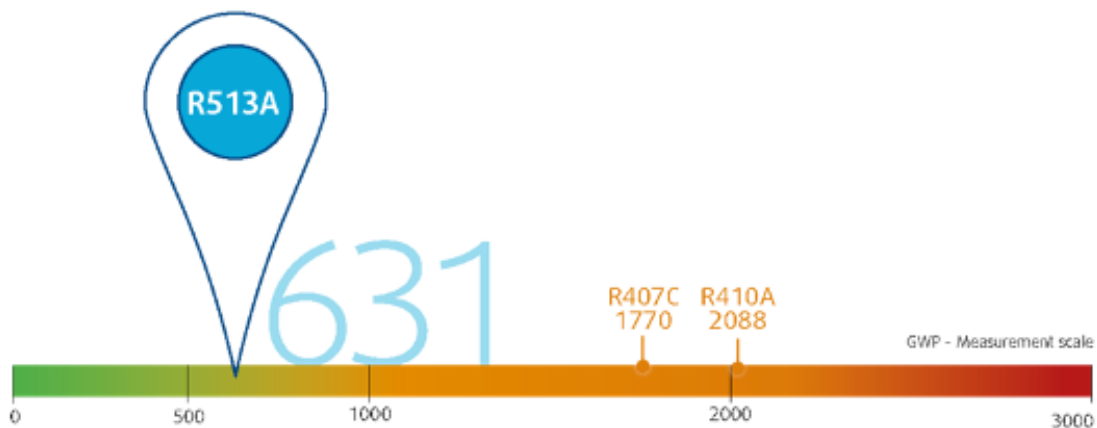


Рис. 2.5.1 – порівняння потенціалу глобального потепління (GWP)

Компоненти

Хімічна назва	% за вагою	CAS	EC
2,3,3,3-тетрафторпропен (R-1234yf)	56	754-12-1	468-710-7
1,1,1,2- тетрафторетан (R-134a)	44	811-97-2	212-377-0

Фізичні властивості

Фізичні властивості	R-513A
Хімічна формула	CF ₃ CF=CH ₂ /CF ₃ CH ₂ F
Молекулярна маса (г/моль)	108,4
Температура кипіння (при 1,013 бар) (°C)	-29,2
Критична температура (°C)	96,5
Критичний тиск (бар)	37,67
Критична щільність (кг/м³)	516,75
Тиск пари (25°C) (бар)	7,06
Температурний глайд (°K)	0
Займистість	ні
ODP	0
GWP	631 *
ISO 817 / ASHRAE 34 Класифікація безпеки	A1

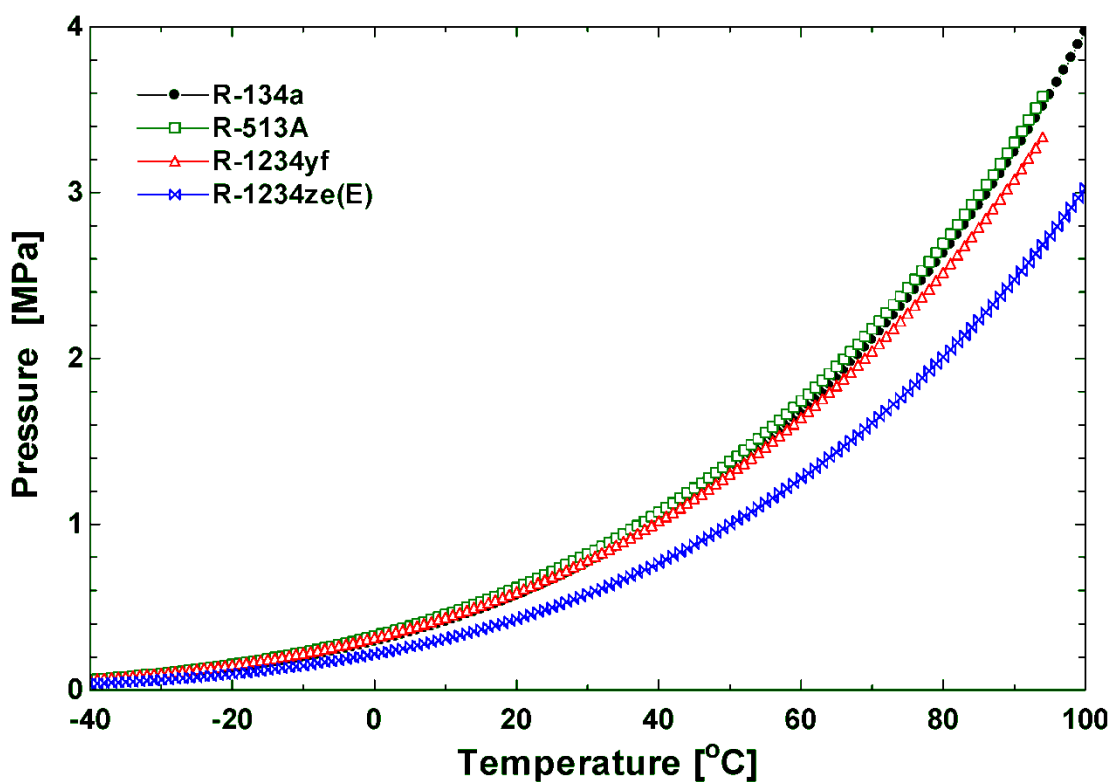


Рис. 2.5.1 - Тиск насиченої пари холодоагентів альтернативних до R-134a

2.5.2 Технічні параметри компресора

Холодильна система на базі агрегатованої холодильної машини, що складається з двох гвинтових компресорів марки Bitzer CSH8693-140Y працює на підтримання температури кипіння холодильного агента мінус 6°C ($t_0 = -12^\circ\text{C}$), температура конденсації (t_k , °C) підтримується на 10 °C вище температури зовнішнього повітря (t_n , °C) за допомогою ступеневого включення вентиляторів V-образного конденсатора з повітряним охолодженням. В якості холодильного агента використовується хладон R513a. У кожухотрубному випарнику відбувається

охолодження водного розчину пропілен гліколю з концентрацією 35% до температури 3°C. Охолоджений пропілен гліколь надходить в акумулюючий бак, після чого розподіляється по споживачам.

Technical Data CSH8693-140Y ▼

Technical Data

Displacement (2900 RPM 50 Hz)	535 m³/h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	646 m³/h
Weight	880 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	DN 100
Connection discharge line	DN 80
Oil type R134a	BSE170L(Standard) / R134a tc>60°C: BSE170 (Option)

Motor data

Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max operating current	254.0 A
Winding ratio	50/50
Starting current (Rotor locked)	665.0 A D / 1023.0 A DD
Max. Power input	148,0 kW

Extent of delivery (Standard)

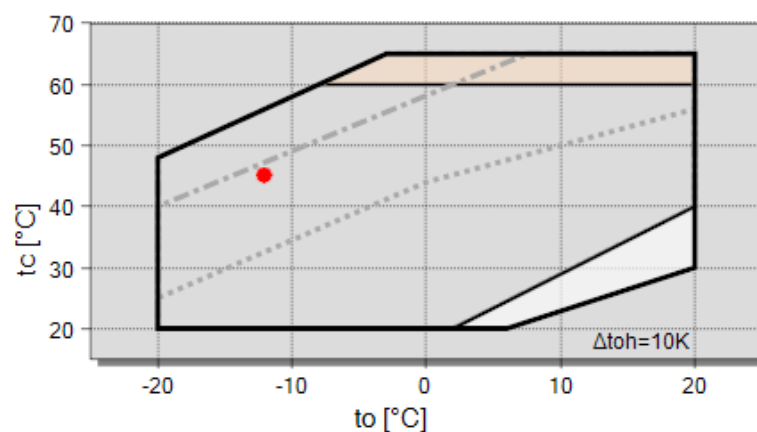
Enclosure class	IP54
Oil heater	300 W (Standard)
Oil separator	Standard
Oil filter	Standard
Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Capacity Control - 4-step	100-75-50-25% (Standard)
Capacity Control - infinite	100-25% (Standard)
Built-in check valve	Standard
Motor protection	SE-E1 (Standard), SE-E3(Standard for 660-690V)
Oil charge	18,0 dm³

Available Options

Oil level switch	min / max OLC-D1-S (Option)
Discharge shut-off valve	Option
Suction shut-off valve	Option
Shut-off valve for ECO with muffler	Option
Bridges for DOL start	Option
with sound jacket	Option
Vibration dampers	Option
Motor protection	SE-i1 (200-690V)

Рис. 2.5.2 - Технічні параметри компресора

Application Limits CSH8693-140Y Standard



Legend

- CR ≤75%
- BSE170
- CR 100%
- CR 75%
- CR 50%
- CR 25%
- A

Рис. 2.5.3 - Область граничних режимів роботи компресора

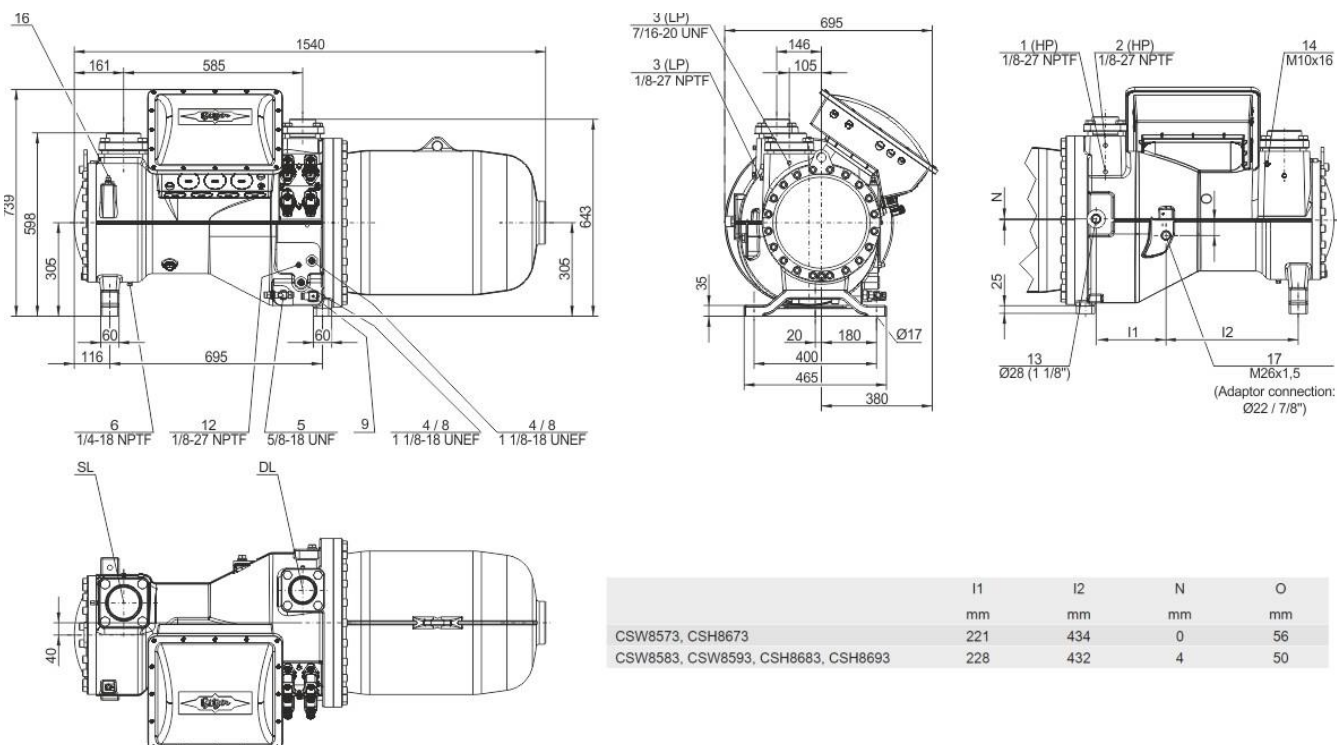


Рис. 2.5.4 - Габаритні розміри компресора

3. Впровадження системи використання природного холоду

3.1 Аналіз погодних умов з точки зору доцільності впровадження системи фрікулінгу

З метою виявити доцільність встановлення сухої градирні для охолодження проміжного холодоносія (35% водний розчин пропілен гліколю) в зимовий період за допомогою природного холоду, були оброблені погодні данні отримані з метеостанції за 2019, 2020, 2021 роки.

Зміна температури атмосферного повітря для періоду з 01.06.2019 по 01.06.2020 р.р. для міста Одеса показано на рис.3.1. Якість сирих даних дозволяє нам з невеликою похибкою порахувати, скільки годин на рік трималась конкретна температура повітря, на рис 3.2 наведені ці данні для м. Одеса за 2019 рік. Також для оцінки мінімальної необхідності часу протягом якого тримається достатньо низка температура, було побудовано графік з сумою годин що нарастає (рис. 3.3) з якого видно – скільки годин на рік температура навколишнього повітря тримається нижче за наведену на осі абсцисс.

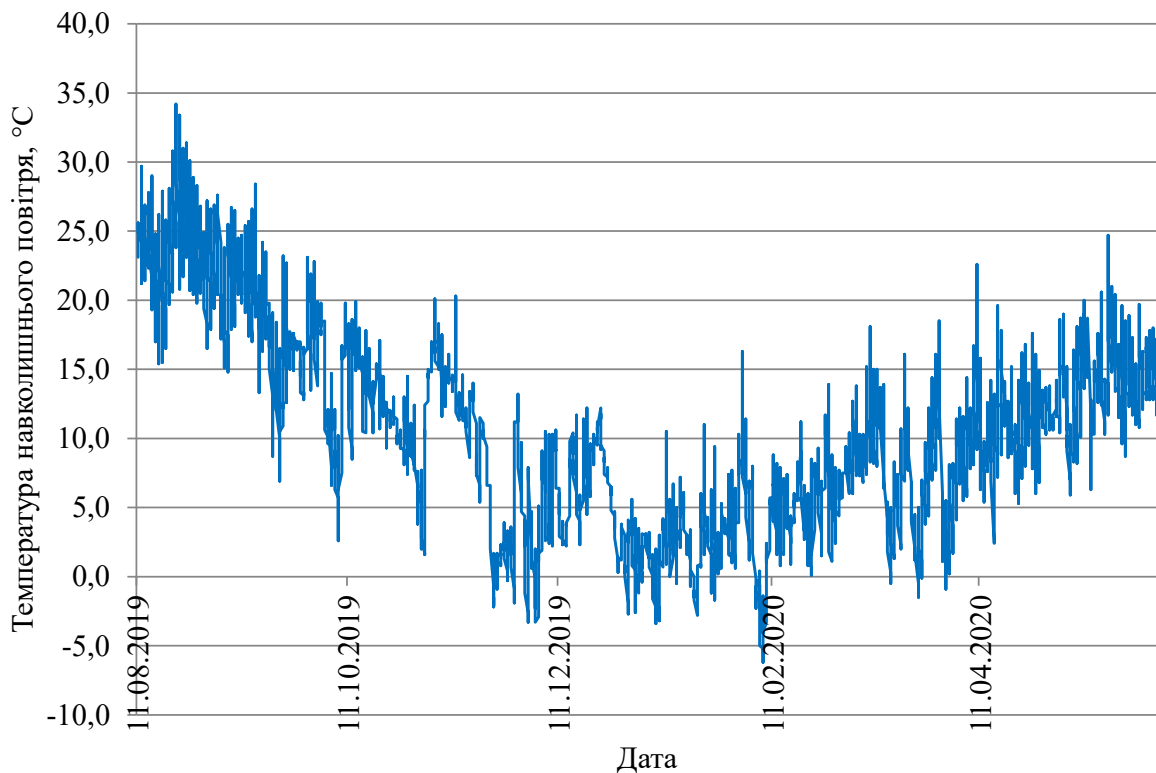


Рис. 3.1 - Зміна температури атмосферного повітря в м. Одеса, за період з 01.06.2019 по 01.06.2020

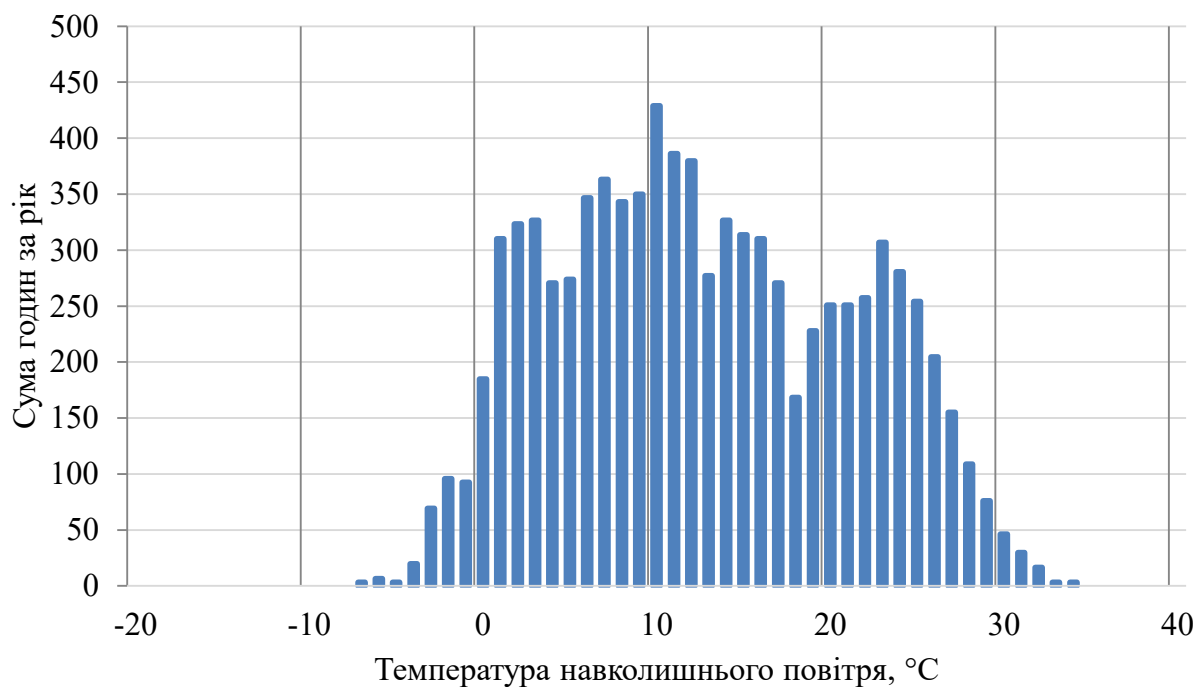


Рис. 3.2 – Погодинний розподіл температур атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2019 по 01.06.2020

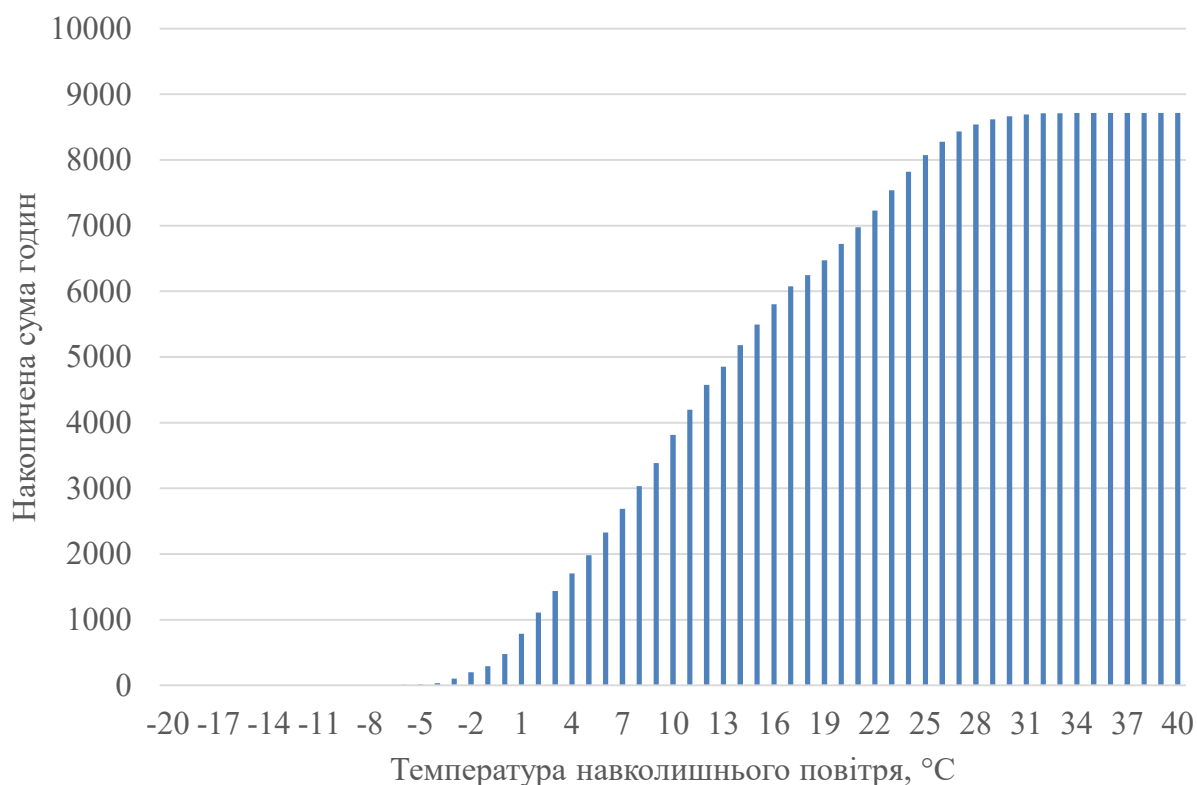


Рис. 3.3 – Накопичена сума температур атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2019 по 01.06.2020

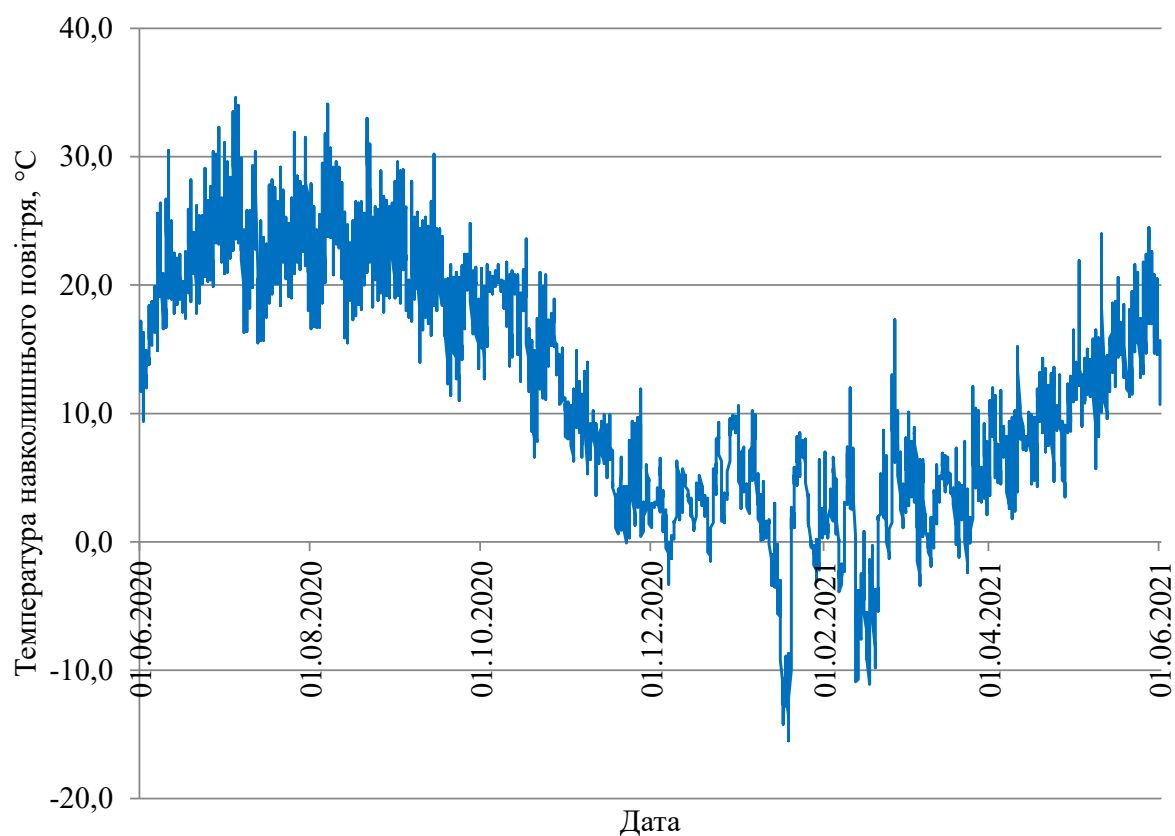


Рис. 3.4 - Зміна температури атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2020 по 01.06.2021

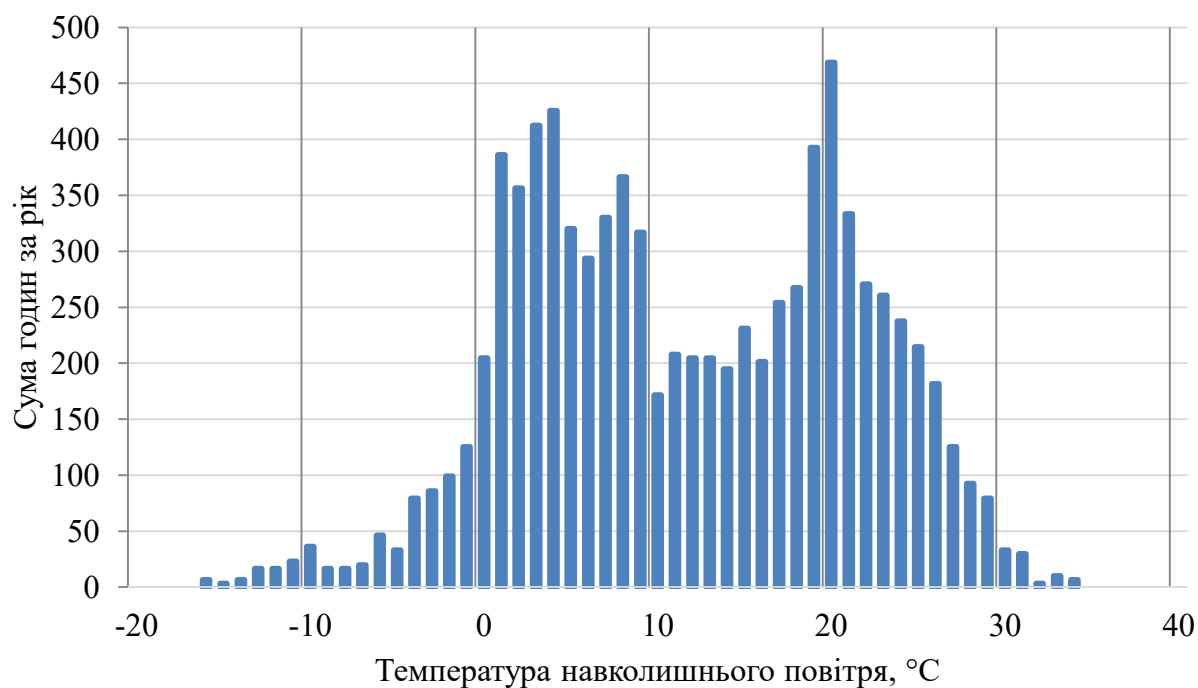


Рис. 3.5 – Погодинний розподіл температур атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2020 по 01.06.2021

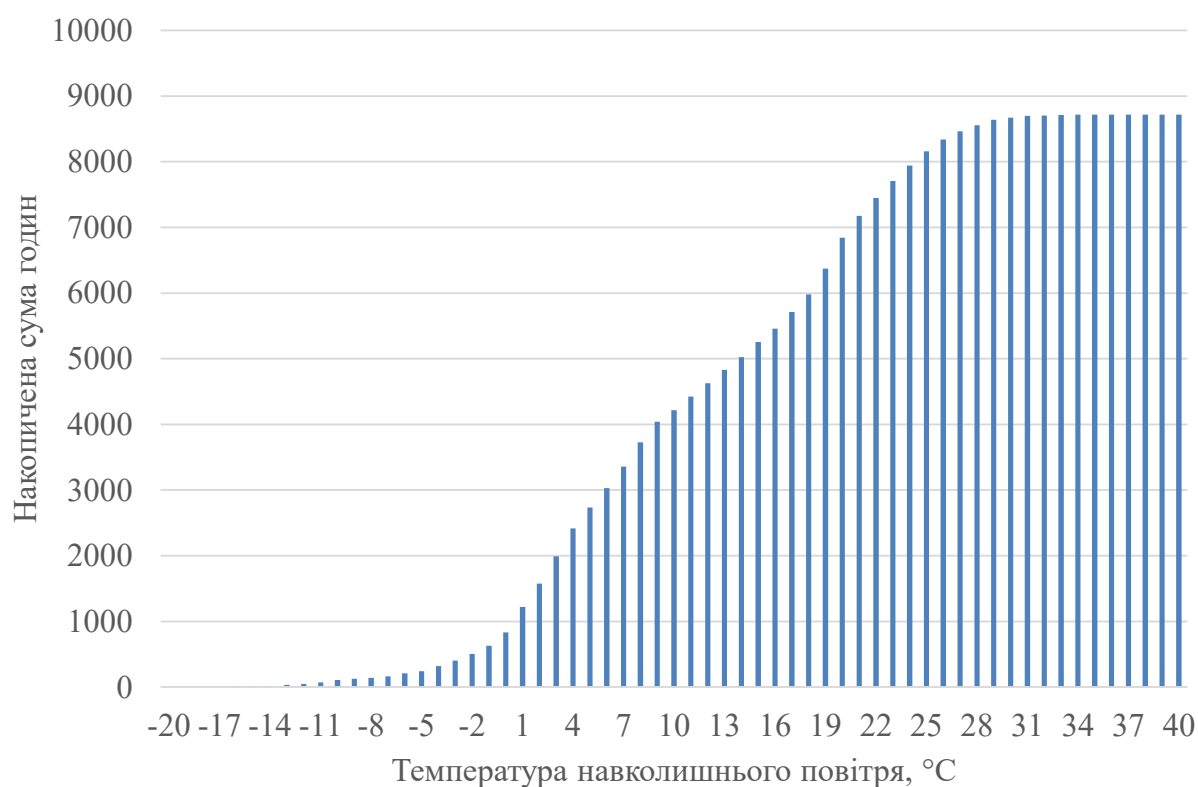


Рис. 3.6 – Накопичена сума температур атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2020 по 01.06.2021

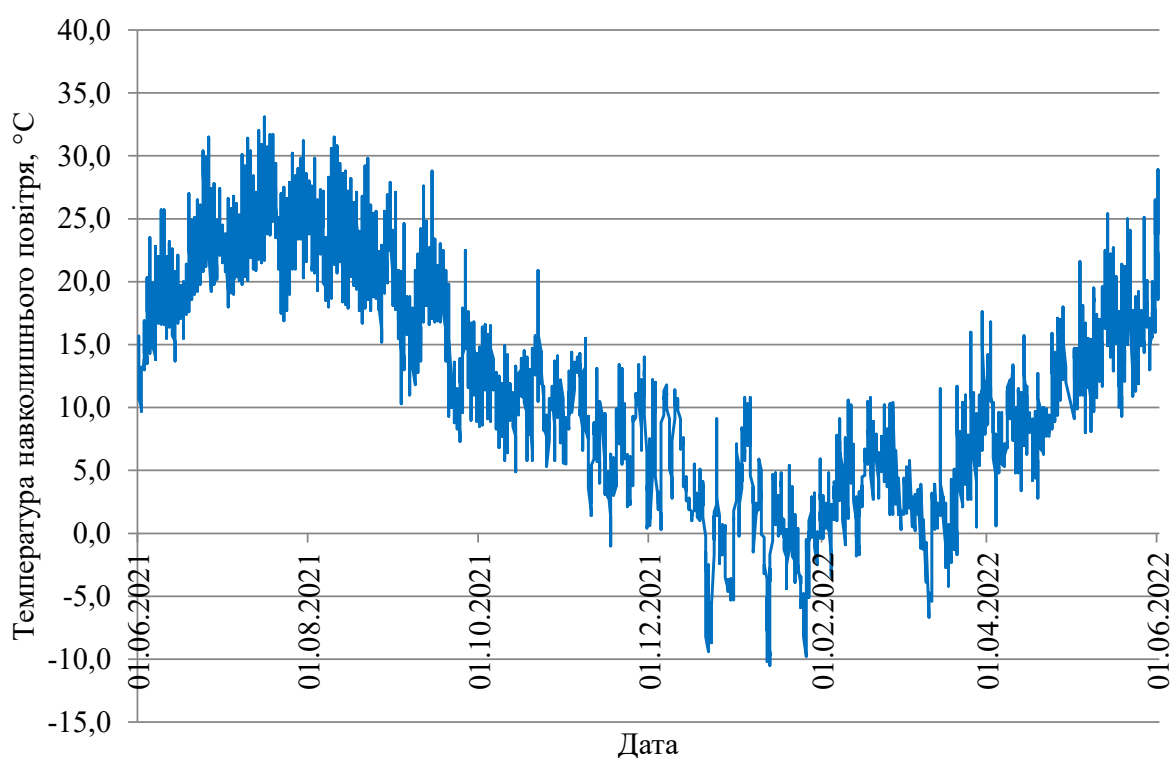


Рис. 3.7 - Зміна температури атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2021 по 01.06.2022

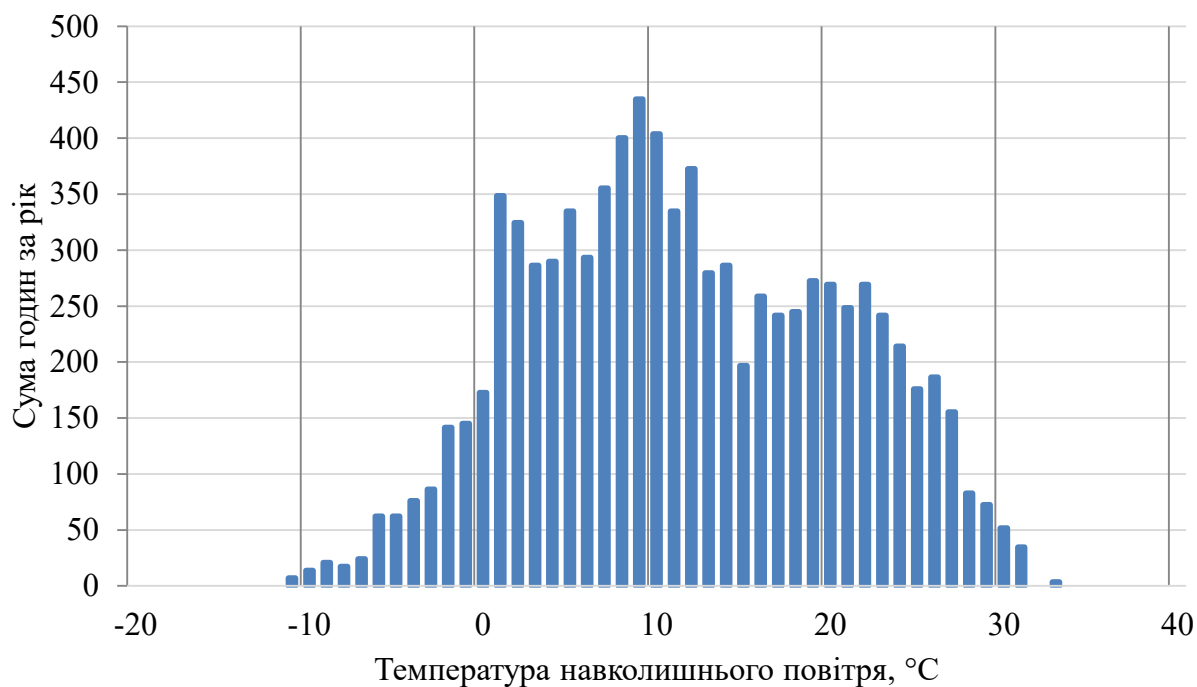


Рис. 3.8 – Погодинний розподіл температур атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2021 по 01.06.2022

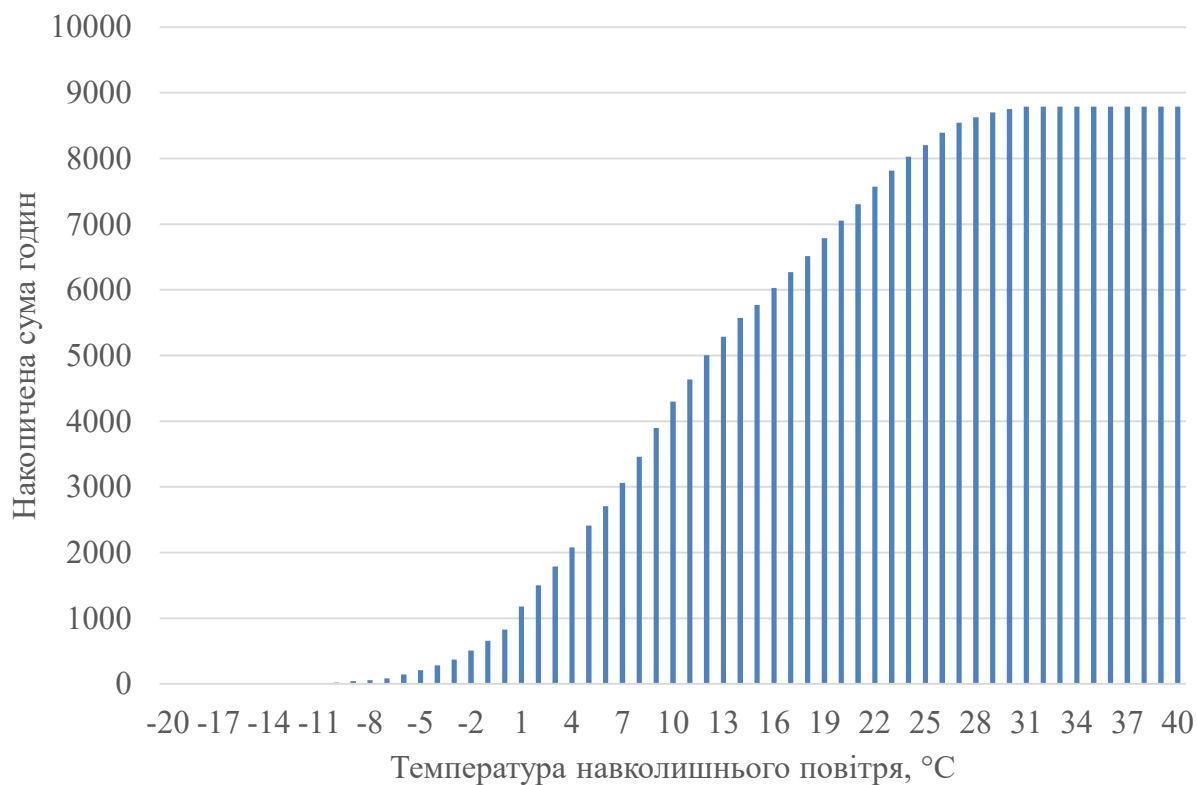


Рис. 3.9 – Накопичена сума температур атмосферного повітря в м Одеса, за період з 01.06.2021 по 01.06.2022

Застосування сухої градирні в холодну пору року для охолодження холодоносія до температур 8,6 / 5 °С (вхід / вихід), стає можливим при зниженні температури навколишнього повітря 4°С і нижче, -2 / -5 °С (вхід / вихід) відповідно -6°С і нижче.

З подальшим зниженням температури навколишнього повітря, ефективність градирні зростає, як наслідок теплової потужності однієї і тієї ж градирні значно змінюється протягом холодного періоду року.

З графіків 4.1-4.9 видно, що кліматичні умови дозволяють розглядати використання системи природного холоду у м.Одеса для отримання гліколю на рівні 8,6 / 5 °С (вхід / вихід) і відповідно +13 °С у камері зберігання. Проте, підтримання холодоносія на рівні -2 / -5 °С для забезпечення умов зберігання у камерах з 0°С вже на етапі попереднього аналізу не вбачається можливим.

Було прийняте рішення додатково розглянути погодні умови за аналогісний період для м. Київ. Як бачимо з графіків наведених на рис 4.10-4.18 можливості застосування природного холоду значно ширші у порівнянні з Одесою.

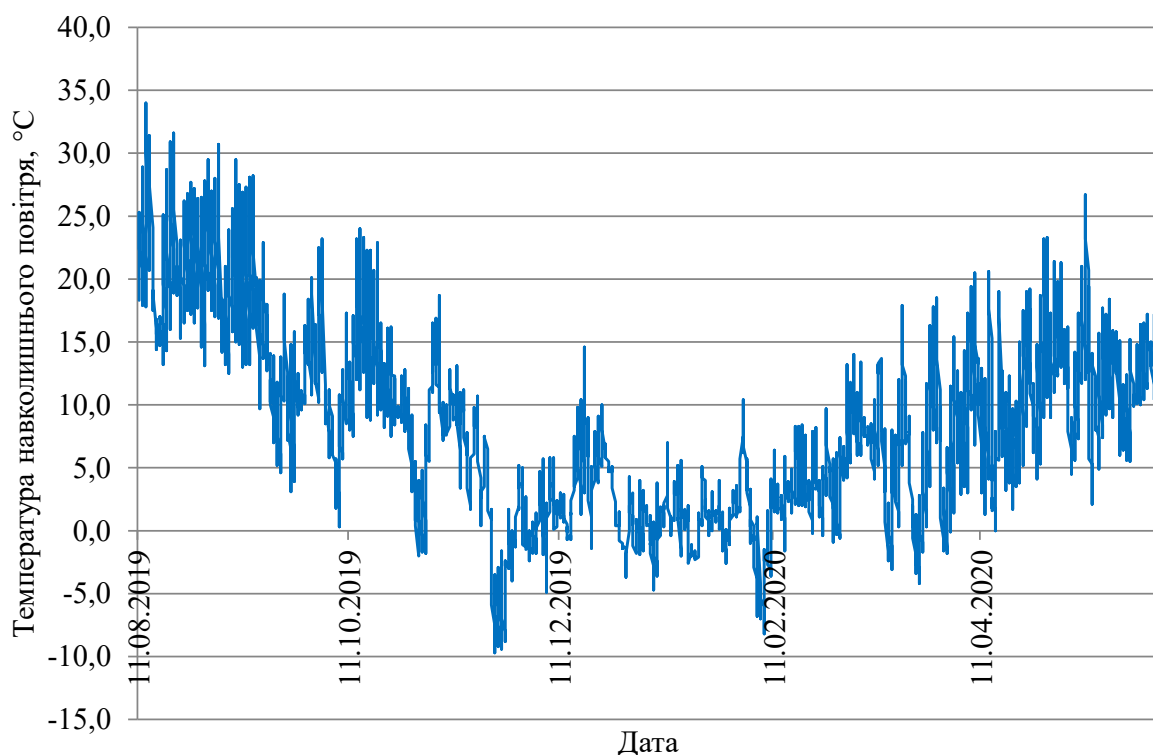


Рис. 3.10 - Зміна температури атмосферного повітря в м. Київ, за період з 01.06.2019 по 01.06.2020

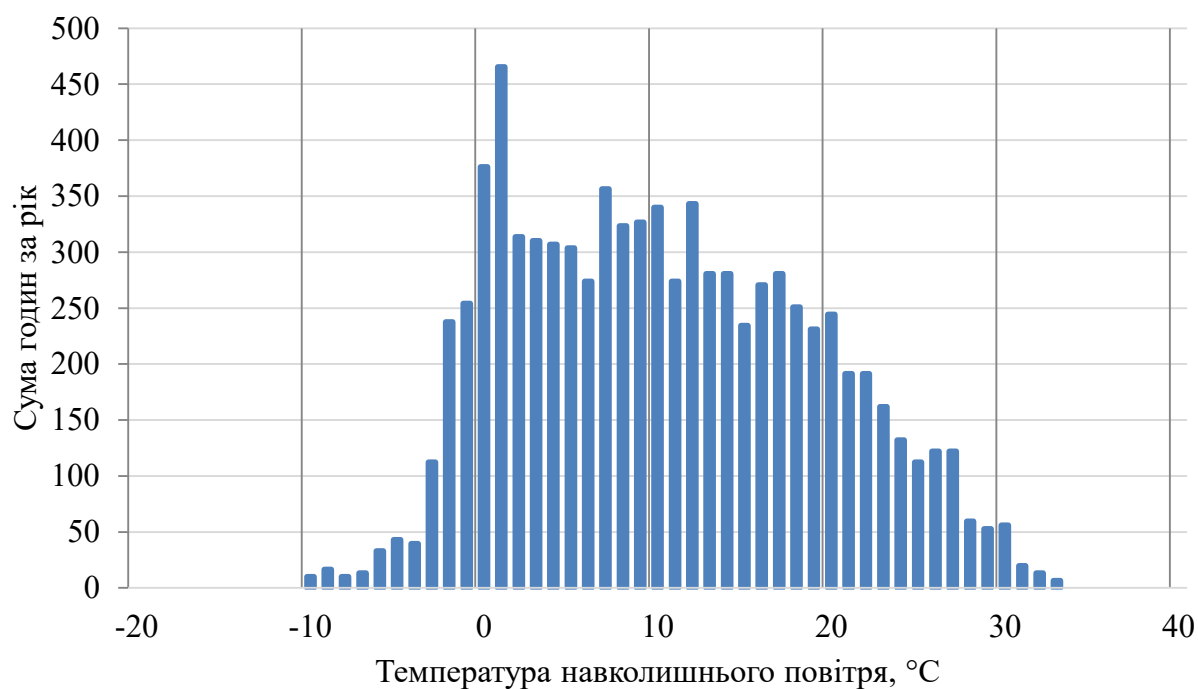


Рис. 3.11 – Погодинний розподіл температур атмосферного повітря в м Київ, за період з 01.06.2019 по 01.06.2020

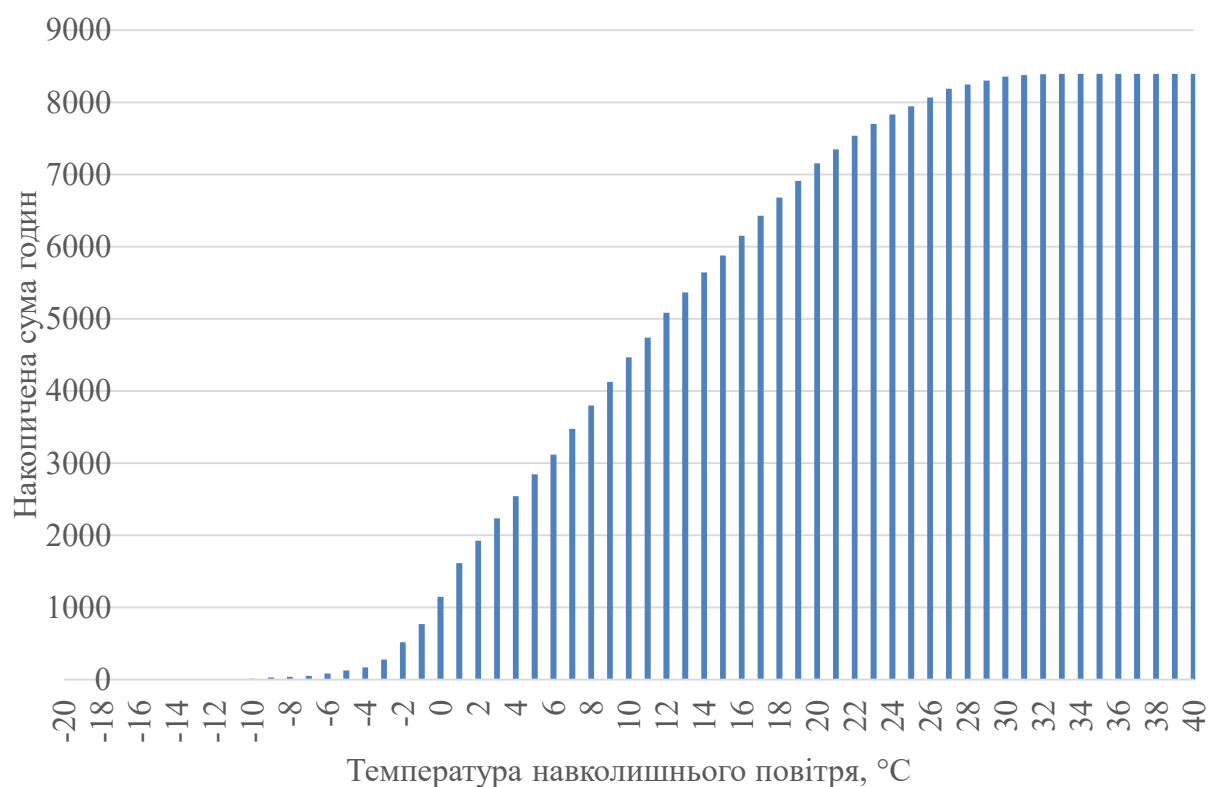


Рис. 3.12 – Накопичена сума температур атмосферного повітря в м Київ, за період з 01.06.2019 по 01.06.2020

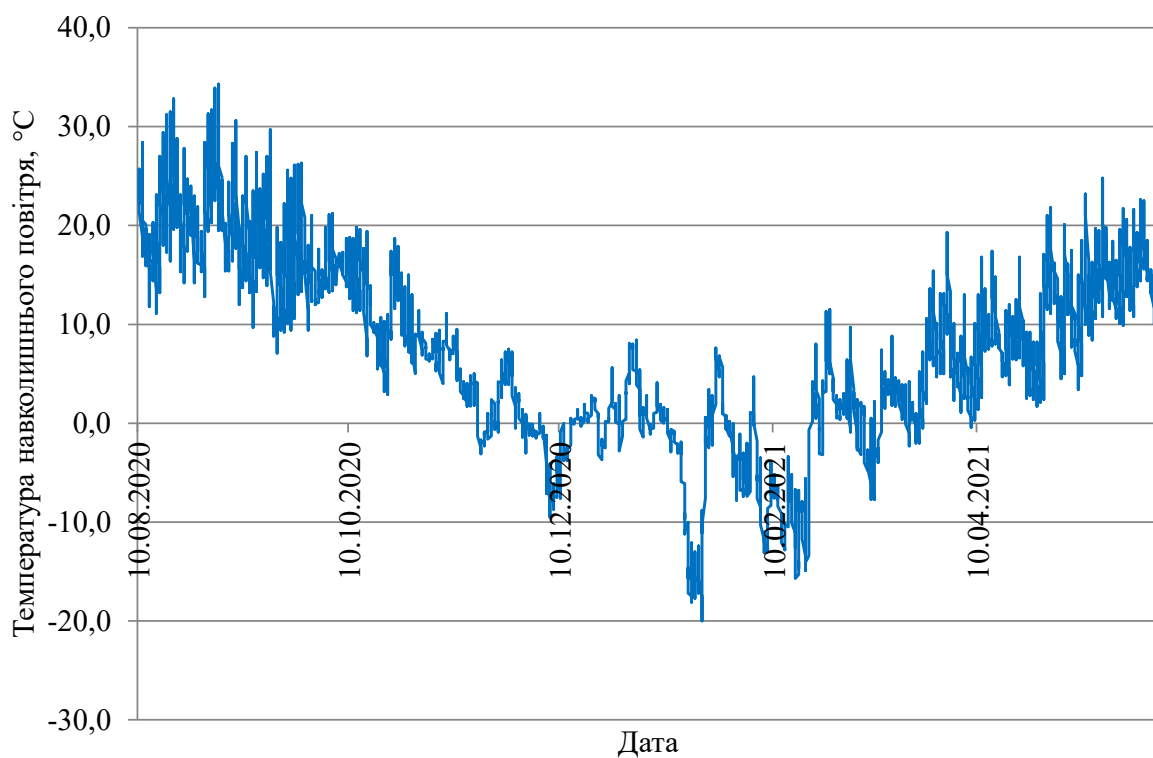


Рис. 3.13 - Зміна температури атмосферного повітря в м. Київ, за період з 01.06.2020 по 01.06.2021

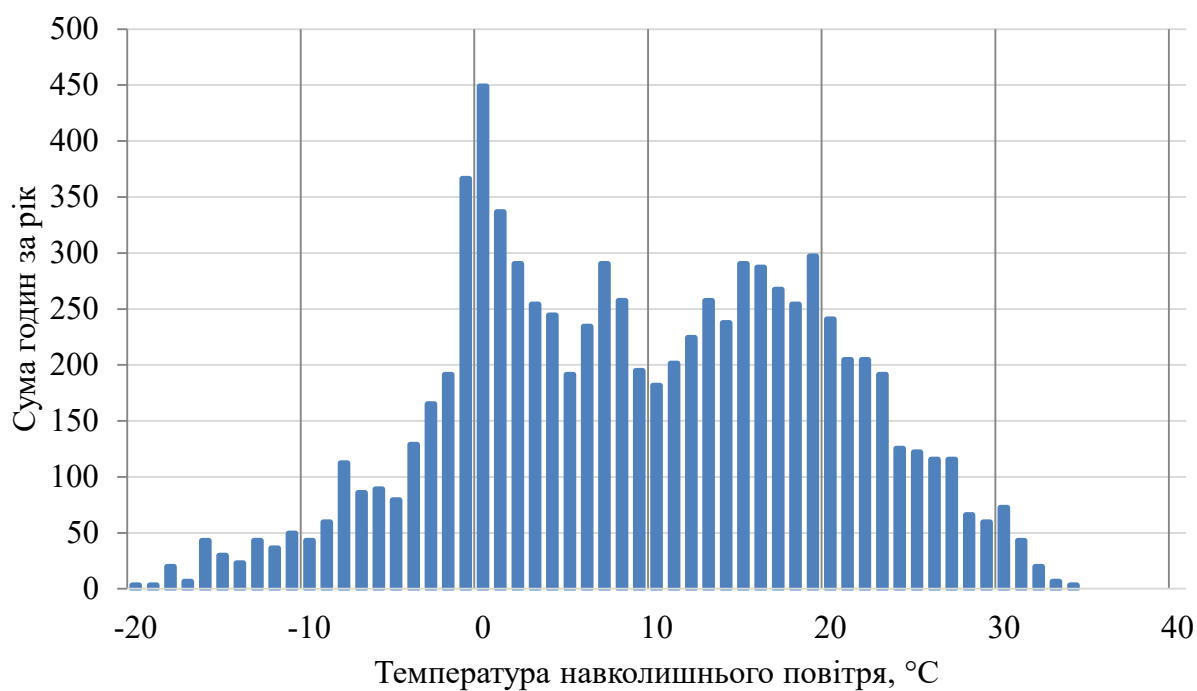


Рис. 3.14 – Погодинний розподіл температур атмосферного повітря в м Київ, за період з 01.06.2020 по 01.06.2021

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20

Арк.

32

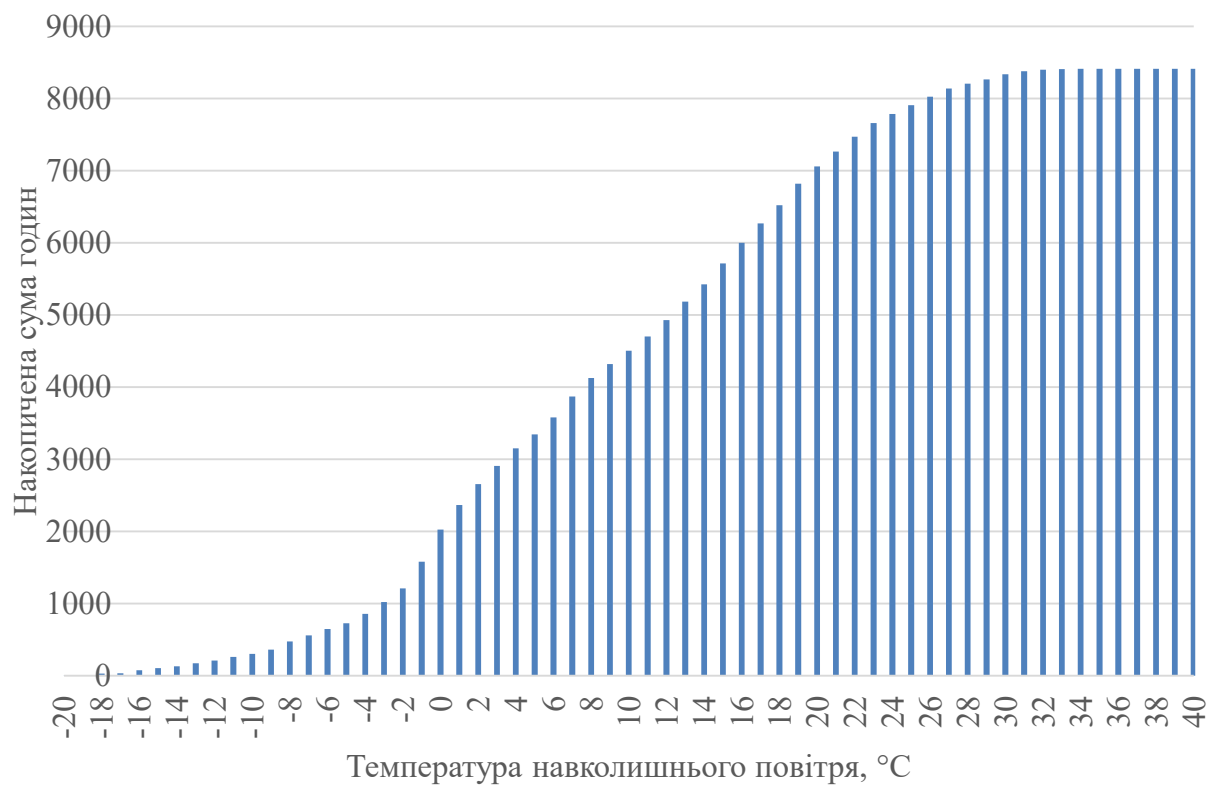


Рис. 3.15 – Накопичена сума температур атмосферного повітря в м. Київ, за період з 01.06.2020 по 01.06.2021

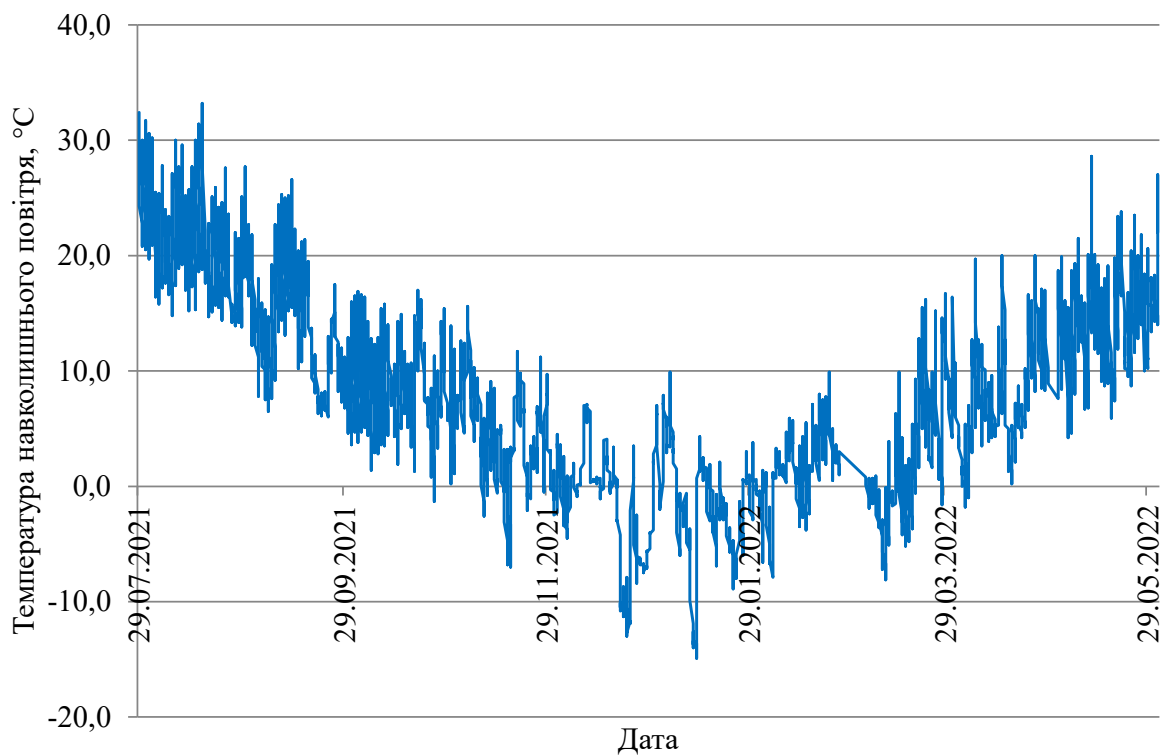


Рис. 3.16 - Зміна температури атмосферного повітря в м. Київ, за період з 01.06.2021 по 01.06.2022

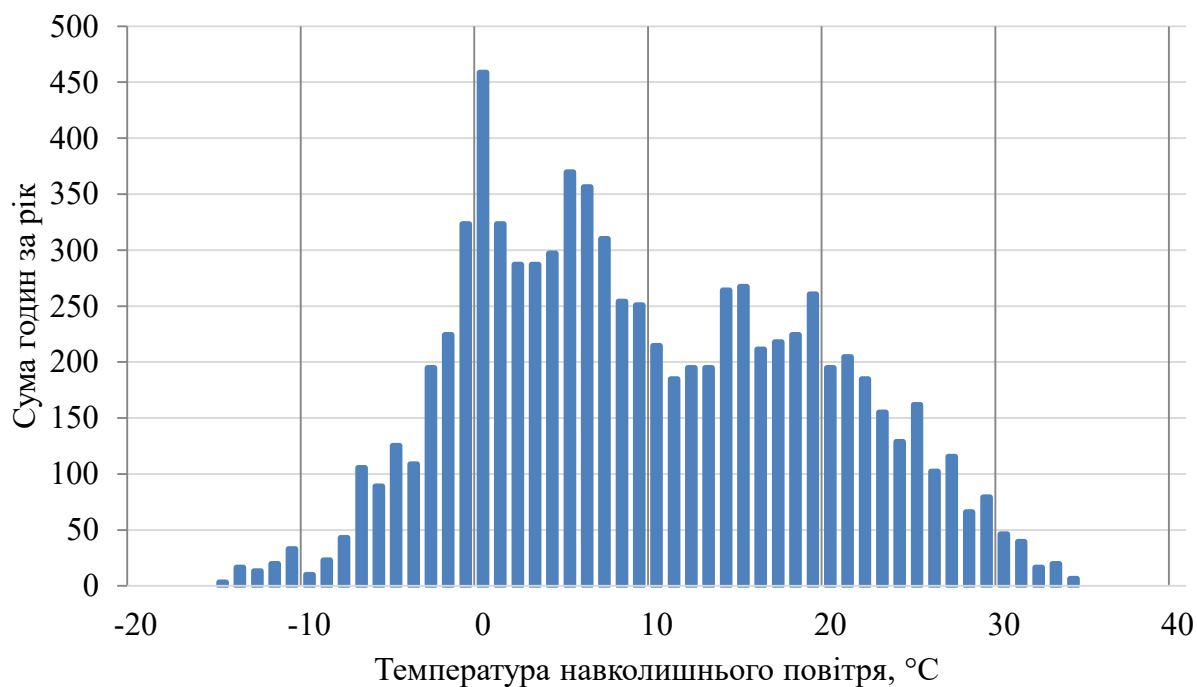


Рис. 3.17 – Погодинний розподіл температур атмосферного повітря в м Київ, за період з 01.06.2021 по 01.06.2022

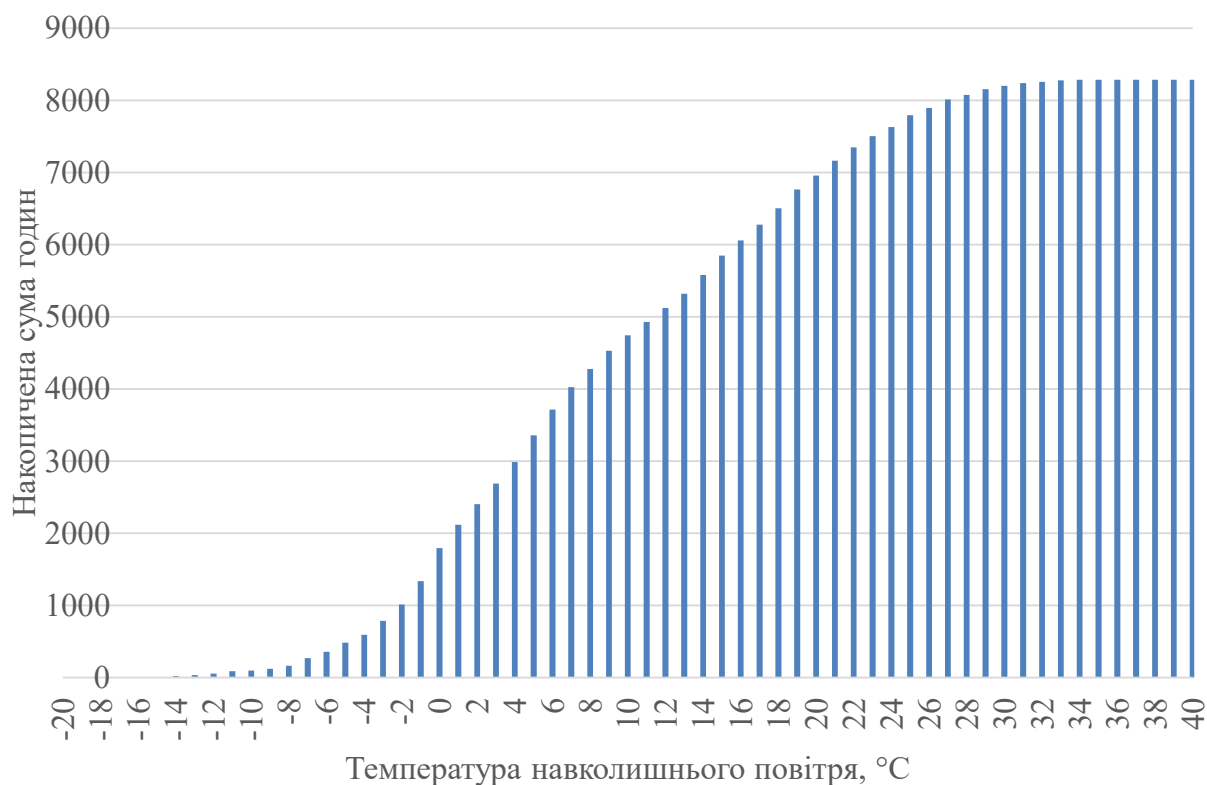


Рис. 3.18 – Накопичена сума температур атмосферного повітря в м Київ, за період з 01.06.2021 по 01.06.2022

3.2 Оцінка річного споживання електроенергії компресорним агрегатом

Для визначення потенціалу енергозбереження, необхідно оцінити енергоспоживання компресорних агрегатів для підтримання параметрів в охолоджуваних приміщеннях.

Обраний компресор CSH8693-140Y має ступеневе керування холодовидатністю 25, 50, 75, 100%. Режим 25% використовується лише для полегшення пуску компресора. Отже, компресорний агрегат на базі двох компресорів обраної марки матиме 6 ступеней холодопродуктивності. При сталій роботі компресорного агрегату, температура кипіння є умовно постійною, та змінюється лише при умисному переведенні обслуговуючим персоналом на температурний рівень з $t_0 = -2^{\circ}\text{C}$ на $t_0 = -12^{\circ}\text{C}$. Навпроти, температура конденсації постійно змінюється і залежить від температури зовнішнього повітря. Компресор має обмеження по критично низькій темперамурі кондинсації $t_k = 20^{\circ}\text{C}$, що необхідна для коректної роботи ТРВ, тому при падінні температури нижче критичної, автоматично задіюється система штучного підтримання тиску конденсації, так званий «зимовий режим».

Залежно від співвідношення t_k/t_0 змінюється енергоспоживання компресорів. За допомогою програмного забезпечення викобника компресорів Bitzer були розраховані прогнозовані холодопродуктивність та енергоспоживання компресорного агрегату для шести ступіней потужності в залежності від температури конденсації для температур кипіння -2°C та -12°C . Результати розрахунків зведені до таблиць 3.2.1-3.2.4 та графічно представлені на рис 3.19-3.20

Таблиця 3.2.1 – Ступенева холодовидатність компресорного агрегату при температурі кипіння -12°C

Темп-ра конденсації, $^{\circ}\text{C}$	x1 [50%] x1 [00%] Q0, кВт	x1 [75%] x1 [00%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [00%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [50%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [75%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [100%] Q0, кВт
45	80,2	120,3	160,4	240,6	280,7	320,8
44	81,4	122,2	162,9	244,3	285,0	325,8
43	82,7	124,0	165,4	248,0	289,4	330,7
42	83,9	125,9	167,8	251,8	293,7	335,7
41	85,2	127,7	170,3	255,5	298,1	340,6
40	86,4	129,6	172,8	259,2	302,4	345,6
39	87,6	131,4	175,2	262,8	306,6	350,4
38	88,8	133,2	177,6	266,4	310,8	355,2
37	90,0	135,0	180,0	270,0	315,0	360,0

36	91,2	136,8	182,4	273,6	319,2	364,8
35	92,4	138,6	184,8	277,2	323,4	369,6
34	93,6	140,3	187,1	280,7	327,4	374,2
33	94,7	142,1	189,4	284,1	331,5	378,8
32	95,9	143,8	191,7	287,6	335,5	383,4
31	97,0	145,5	194,0	291,0	339,5	388,0
30	98,2	147,2	196,3	294,5	343,5	392,6
29	99,2	148,8	198,4	297,7	347,3	396,9
28	100,3	150,4	200,6	300,9	351,0	401,2
27	101,4	152,0	202,7	304,1	354,8	405,4
26	102,4	153,6	204,9	307,3	358,5	409,7
25	103,5	155,3	207,0	310,5	362,3	414,0
24	104,6	156,9	209,2	313,8	366,1	418,4
23	105,7	158,6	211,4	317,1	370,0	422,8
22	106,8	160,2	213,6	320,4	373,8	427,2
21	107,9	161,9	215,8	323,7	377,7	431,6
20	109,0	163,5	218,0	327,0	381,5	436,0

Таблиця 3.2.2 – Ступеневе енергоспоживання компресорного агрегату при температурі кипіння -12 °С

Темп-ра конден- сації, °С	x1 [50%] x1 [00%] Ne, кВт	x1 [75%] x1 [00%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [00%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [50%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [75%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [100%] Ne, кВт
45	49,7	56,6	72,0	121,7	128,6	144,0
44	48,5	55,6	70,6	119,0	126,1	141,2
43	47,2	54,5	69,2	116,4	123,7	138,3
42	46,0	53,5	67,7	113,7	121,2	135,5
41	44,7	52,4	66,3	111,1	118,8	132,6
40	43,5	51,4	64,9	108,4	116,3	129,8
39	42,4	50,4	63,6	106,0	114,1	127,3
38	41,3	49,5	62,4	103,7	111,9	124,8
37	40,2	48,5	61,1	101,3	109,6	122,2
36	39,1	47,6	59,9	99,0	107,4	119,7
35	38,0	46,6	58,6	96,6	105,2	117,2
34	37,0	45,7	57,5	94,5	103,2	114,9
33	36,0	44,9	56,3	92,4	101,2	112,6
32	35,1	44,0	55,2	90,2	99,2	110,4
31	34,1	43,2	54,0	88,1	97,2	108,1
30	33,1	42,3	52,9	86,0	95,2	105,8

29	32,2	41,5	51,9	84,1	93,4	103,8
28	31,3	40,7	50,9	82,2	91,6	101,7
27	30,5	39,9	49,8	80,3	89,7	99,7
26	29,6	39,1	48,8	78,4	87,9	97,6
25	28,7	38,3	47,8	76,5	86,1	95,6
24	27,9	37,6	46,9	74,8	84,4	93,7
23	27,2	36,9	45,9	73,1	82,8	91,8
22	26,4	36,1	45,0	71,4	81,1	90,0
21	25,7	35,4	44,0	69,7	79,5	88,1
20	24,9	34,7	43,1	68,0	77,8	86,2

Таблиця 3.2.3 – Ступенева холодовидатність компресорного агрегату при температурі кипіння -2 °С

Темп-ра конден- сації, °С	x1 [50%] x1 [00%] Q0, кВт	x1 [75%] x1 [00%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [00%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [50%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [75%] Q0, кВт	x1 [100%] x1 [100%] Q0, кВт
45	124,5	186,8	249	373,5	435,8	498,0
44	126,2	189,3	252,4	378,6	441,7	504,8
43	127,9	191,9	255,8	383,7	447,7	511,6
42	129,6	194,4	259,2	388,8	453,6	518,4
41	131,3	197,0	262,6	393,9	459,6	525,2
40	133,0	199,5	266	399,0	465,5	532,0
39	134,7	202,1	269,4	404,1	471,5	538,8
38	136,4	204,6	272,8	409,2	477,4	545,6
37	138,1	207,2	276,2	414,3	483,4	552,4
36	139,8	209,7	279,6	419,4	489,3	559,2
35	141,5	212,3	283	424,5	495,3	566,0
34	143,1	214,7	286,2	429,3	500,9	572,4
33	144,7	217,1	289,4	434,1	506,5	578,8
32	146,3	219,5	292,6	438,9	512,1	585,2
31	147,9	221,9	295,8	443,7	517,7	591,6
30	149,5	224,3	299	448,5	523,3	598,0
29	151,0	226,5	302,0	453,0	528,5	604,0
28	152,5	228,8	305,0	457,5	533,8	610,0
27	154,0	231,0	308,0	462,0	539,0	616,0
26	155,5	233,3	311,0	466,5	544,3	622,0
25	157,0	235,5	314	471,0	549,5	628,0
24	158,4	237,6	316,8	475,2	554,4	633,6

23	159,8	239,7	319,6	479,4	559,3	639,2
22	161,2	241,8	322,4	483,6	564,2	644,8
21	162,6	243,9	325,2	487,8	569,1	650,4
20	164,0	246,0	328	492,0	574,0	656,0

Таблиця 3.2.4 – Ступеневе енергоспоживання компресорного агрегату при температурі кипіння -2 °С

Темп-ра конден- сації, °С	x1 [50%] x1 [00%] Ne, кВт	x1 [75%] x1 [00%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [00%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [50%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [75%] Ne, кВт	x1 [100%] x1 [100%] Ne, кВт
45	48,4	60,3	76,9	125,3	137,2	153,8
44	47,2	59,2	75,5	122,6	134,7	150,9
43	46,0	58,1	74,0	120,0	132,1	148,0
42	44,7	57,0	72,6	117,3	129,6	145,2
41	43,5	55,9	71,1	114,7	127,0	142,3
40	42,3	54,8	69,7	112,0	124,5	139,4
39	41,3	53,8	68,4	109,7	122,3	136,9
38	40,2	52,9	67,2	107,4	120,1	134,4
37	39,2	51,9	65,9	105,1	117,8	131,8
36	38,1	51,0	64,7	102,8	115,6	129,3
35	37,1	50	63,4	100,5	113,4	126,8
34	36,2	49,2	62,3	98,5	111,5	124,6
33	35,3	48,4	61,2	96,5	109,6	122,4
32	34,5	47,5	60,1	94,6	107,6	120,2
31	33,6	46,7	59,0	92,6	105,7	118,0
30	32,7	45,9	57,9	90,6	103,8	115,8
29	31,9	45,2	56,9	88,9	102,1	113,9
28	31,2	44,4	56,0	87,2	100,4	112,0
27	30,4	43,7	55,0	85,4	98,7	110,0
26	29,7	42,9	54,1	83,7	97,0	108,1
25	28,9	42,2	53,1	82,0	95,3	106,2
24	28,2	41,5	52,3	80,5	93,8	104,5
23	27,6	40,9	51,4	79,0	92,3	102,8
22	26,9	40,2	50,6	77,5	90,8	101,2
21	26,3	39,6	49,7	76,0	89,3	99,5
20	25,6	38,9	48,9	74,5	87,8	97,8

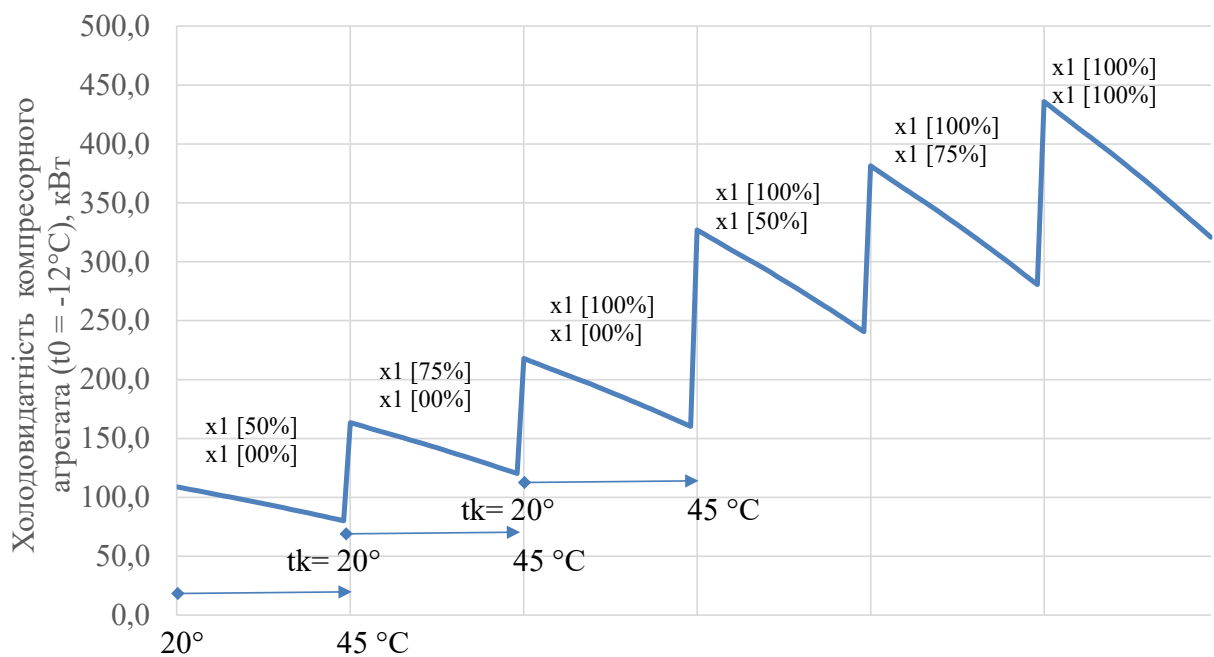


Рис 3.19 – Ступенева холодовидатність компресорного агрегату для діапазону температур конденсації 20...45°C при температурі кипіння мінус 12 °C

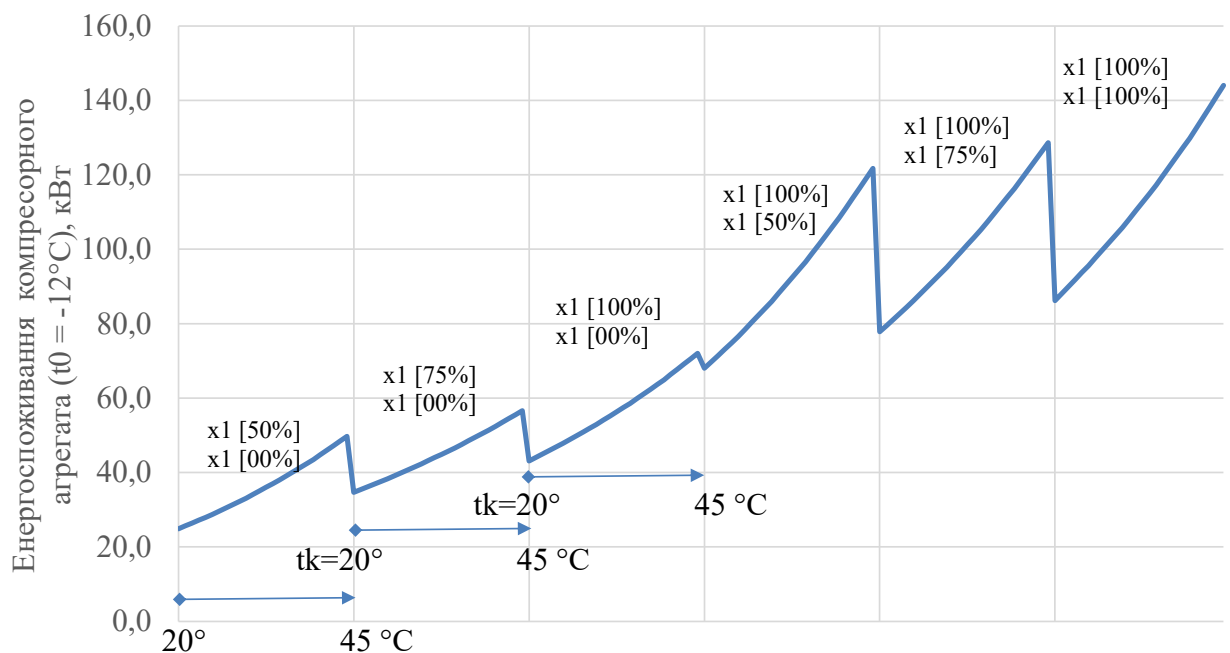


Рис 3.20 – Ступеневе енергоспоживання компресорного агрегату для діапазону температур конденсації 20...45°C при температурі кипіння мінус 12 °C

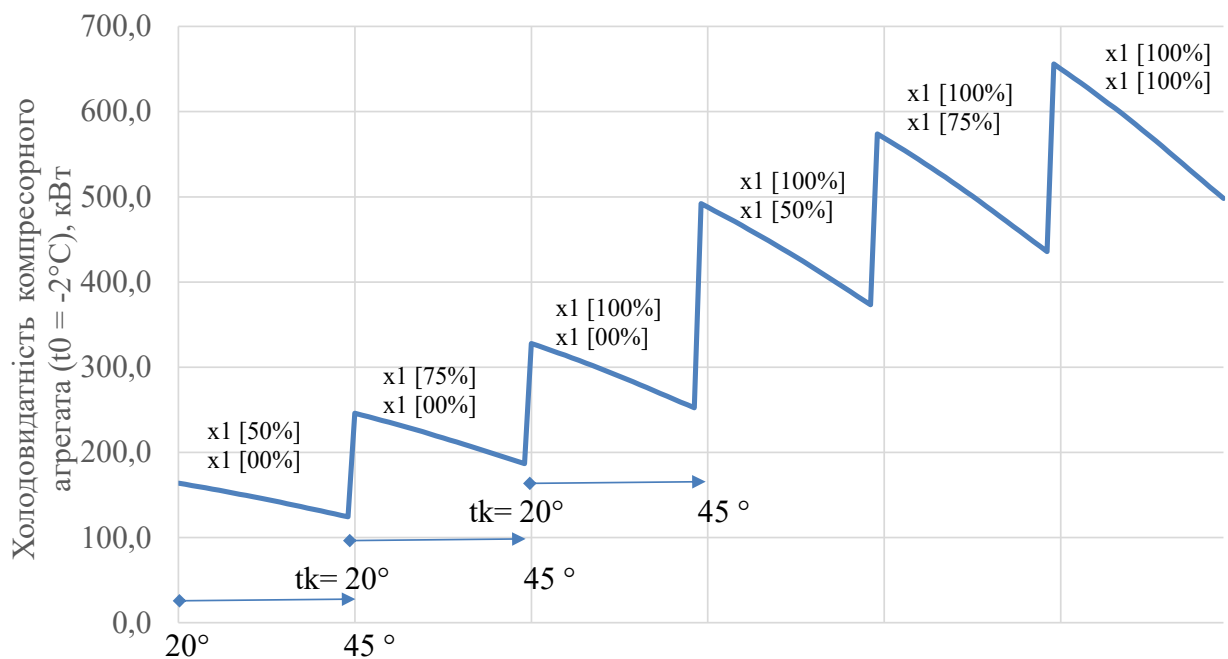


Рис 3.21 – Ступенева холодовидатність компресорного агрегату для діапазону температур конденсації 20...45°C при температурі кипіння мінус 2 °C

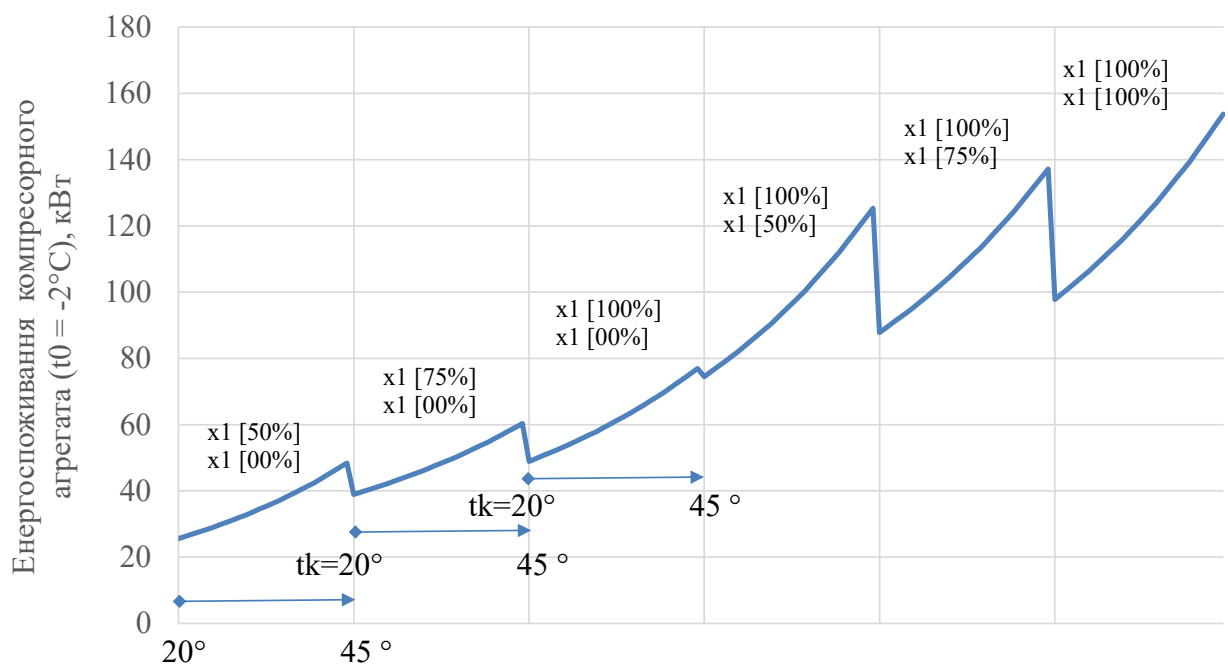


Рис 3.20 – Ступеневе енергоспоживання компресорного агрегату для діапазону температур конденсації 20...45°C при температурі кипіння мінус 12 °C

Визначивши у розділі 2.4 теплове навантаження на систему в залежності від температури зовнішнього повітря, енергоспоживання компресорів при цій температурі і скільки ступінів холодовидатність компресорів задіяно для

забезпечення необхідної холодовидатності, а також кількість годин що температура трималась впродовж року, можемо встановити скільки впродовж коку було спожито електроенергії компресорами.

Таблиця 3.2.5 - Розподілення споживання електроенергії компресорами
м. Одеса (t_0 = мінус 2°C)

Темп-ра навк. повітря, °C	Годин на рік	Теплове наванта- ження на систему, кВт	Холодо- видатність компресорів (-2°C), кВт	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспож. компр. агрегату для забезпечення Q_0 , кВт	Річне енергоспож. компр. агрегату, кВт*год
-16,0	6,6	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	256,7
-15,0	3,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	128,4
-14,0	6,6	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	256,7
-13,0	16,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	641,9
-12,0	16,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	641,9
-11,0	23,1	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	898,6
-10,0	36,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 412,1
-9,0	16,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	641,9
-8,0	16,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	641,9
-7,0	19,8	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	770,2
-6,0	46,2	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 797,2
-5,0	33,0	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 283,7
-4,0	79,2	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	3 080,9
-3,0	85,8	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	3 337,6
-2,0	99,0	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	3 851,1
-1,0	125,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	4 878,1
0,0	204,6	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	7 958,9
1,0	386,1	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	15 019,3
2,0	356,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	13 864,0
3,0	412,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	16 046,3
4,0	425,7	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	16 559,7
5,0	320,1	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	12 451,9
6,0	293,7	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	11 424,9
7,0	330,0	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	12 837,0
8,0	366,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	14 249,1
9,0	316,8	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	12 323,5
10,0	171,6	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	6 675,2
11,0	207,9	209,5	243,9	[75%] [00%]	39,6	8 224,5

12,0	204,6	209,5	241,8	[75%] [00%]	40,2	8 229,0
13,0	204,6	209,5	239,7	[75%] [00%]	40,9	8 364,0
14,0	194,7	215,0	237,6	[75%] [00%]	41,5	8 087,8
15,0	231,0	220,5	235,5	[75%] [00%]	42,2	9 748,2
16,0	201,3	226,0	233,3	[75%] [00%]	42,9	8 643,8
17,0	254,1	231,5	231,0	[75%] [00%]	55,0	13 980,6
18,0	267,3	237,1	305,0	[100%] [00%]	56,0	14 963,5
19,0	392,7	242,6	302,0	[100%] [00%]	56,9	22 360,3
20,0	468,6	248,1	299,0	[100%] [00%]	57,9	27 131,9
21,0	333,3	253,6	295,8	[100%] [00%]	59,0	19 664,7
22,0	270,6	259,1	292,6	[100%] [00%]	60,1	16 263,1
23,0	260,7	264,6	289,4	[100%] [00%]	61,2	15 954,8
24,0	237,6	270,1	286,2	[100%] [00%]	62,3	14 802,5
25,0	214,5	275,6	283,0	[100%] [00%]	63,4	13 599,3
26,0	181,5	281,1	419,4	[100%] [50%]	102,8	18 658,2
27,0	125,4	286,7	414,3	[100%] [50%]	105,1	13 179,5
28,0	92,4	292,2	409,2	[100%] [50%]	107,4	9 923,8
29,0	79,2	297,7	404,1	[100%] [50%]	109,7	8 688,2
30,0	33,0	303,2	399,0	[100%] [50%]	112,0	3 696,0
31,0	29,7	303,2	393,9	[100%] [50%]	114,7	3 405,4
32,0	3,3	303,2	388,8	[100%] [50%]	117,3	387,2
33,0	9,9	303,2	383,7	[100%] [50%]	120,0	1 187,8
34,0	6,6	303,2	378,6	[100%] [50%]	122,6	809,4
35,0	0,0	303,2	373,5	[100%] [50%]	125,3	0,0
Загалом для м.Одеса, кВт*год						433 882,2

Таблиця 3.2.6 - Розподілення споживання електроенергії компресорами
м. Одеса (t_0 = мінус 12°C)

Темп-ра навк. повітря, °C	Годин на рік	Теплове наванта- ження на систему, кВт	Холодо- видатність компресорів (-12°C), кВт	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспож. компр. агрегату для забезпечення Q_0 , кВт	Річне енергоспож. компр. агрегату, кВт*год
-16,0	6,6	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	284,5
-15,0	3,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	142,2
-14,0	6,6	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	284,5
-13,0	16,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	711,2
-12,0	16,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	711,2
-11,0	23,1	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	995,6
-10,0	36,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1564,5

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-9,0	16,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	711,2
-8,0	16,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	711,2
-7,0	19,8	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	853,4
-6,0	46,2	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1991,2
-5,0	33,0	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1422,3
-4,0	79,2	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	3413,5
-3,0	85,8	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	3698,0
-2,0	99,0	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	4266,9
-1,0	125,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	5404,7
0,0	204,6	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	8818,3
1,0	386,1	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	16640,9
2,0	356,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	15360,8
3,0	412,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	17778,8
4,0	425,7	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	18347,7
5,0	320,1	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	13796,3
6,0	293,7	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	12658,5
7,0	330,0	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	14223,0
8,0	366,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	15787,5
9,0	316,8	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	13654,1
10,0	171,6	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	7396,0
11,0	207,9	209,5	215,8	[100%] [00%]	44,0	9155,9
12,0	204,6	209,5	213,6	[100%] [00%]	45,0	9202,9
13,0	204,6	209,5	211,4	[100%] [00%]	45,9	9395,2
14,0	194,7	215,0	313,8	[100%] [50%]	74,8	14563,6
15,0	231,0	220,5	310,5	[100%] [50%]	76,5	17671,5
16,0	201,3	226,0	307,3	[100%] [50%]	78,4	15781,9
17,0	254,1	231,5	304,1	[100%] [50%]	80,3	20404,2
18,0	267,3	237,1	300,9	[100%] [50%]	82,2	21972,1
19,0	392,7	242,6	297,7	[100%] [50%]	84,1	33026,1
20,0	468,6	248,1	294,5	[100%] [50%]	86,0	40299,6
21,0	333,3	253,6	291,0	[100%] [50%]	88,1	29370,4
22,0	270,6	259,1	287,6	[100%] [50%]	90,2	24418,9
23,0	260,7	264,6	284,1	[100%] [50%]	92,4	24078,3
24,0	237,6	270,1	280,7	[100%] [50%]	94,5	22448,4
25,0	214,5	275,6	277,2	[100%] [50%]	96,6	20720,7
26,0	181,5	281,1	319,2	[100%] [75%]	107,4	19496,7
27,0	125,4	286,7	315,0	[100%] [75%]	109,6	13748,9
28,0	92,4	292,2	310,8	[100%] [75%]	111,9	10335,9
29,0	79,2	297,7	306,6	[100%] [75%]	114,1	9035,1
30,0	33,0	303,2	345,6	[100%] [100%]	129,8	4283,4
31,0	29,7	303,2	340,6	[100%] [100%]	132,6	3939,4
32,0	3,3	303,2	335,7	[100%] [100%]	135,5	447,1
33,0	9,9	303,2	330,7	[100%] [100%]	138,3	1369,4

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

34,0	6,6	303,2	325,8	[100%] [100%]	141,2	931,7
35,0	0,0	303,2	320,8	[100%] [100%]	0,0	0,0
Загалом для м. Одеса, кВт*год						557 724,9

Таблиця 3.2.7 - Розподілення споживання електроенергії компресорами
м. Київ (t_0 = мінус 2°C)

Темп-ра навк. повітря, °C	Годин на рік	Теплове наванта- ження на систему, кВт	Холодо- видатність компресорів (-2°C), кВт	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспож. компр. агрегату для забезпечення Q_0 , кВт	Річне енергоспож. компр. агрегату, кВт*год
-20,0	3,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	128,4
-19,0	3,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	128,4
-18,0	19,8	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	770,2
-17,0	6,6	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	256,7
-16,0	42,9	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 668,8
-15,0	29,7	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 155,3
-14,0	23,1	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	898,6
-13,0	42,9	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 668,8
-12,0	36,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 412,1
-11,0	49,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 925,6
-10,0	42,9	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	1 668,8
-9,0	59,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	2 310,7
-8,0	112,2	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	4 364,6
-7,0	85,8	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	3 337,6
-6,0	89,1	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	3 466,0
-5,0	79,2	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	3 080,9
-4,0	128,7	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	5 006,4
-3,0	165,0	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	6 418,5
-2,0	191,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	7 445,5
-1,0	366,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	14 249,1
0,0	448,8	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	17 458,3
1,0	336,6	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	13 093,7
2,0	290,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	11 296,6
3,0	254,1	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	9 884,5
4,0	244,2	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	9 499,4
5,0	191,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	7 445,5
6,0	234,3	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	9 114,3
7,0	290,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	11 296,6
8,0	257,4	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	10 012,9

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9,0	194,7	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	7 573,8
10,0	181,5	209,5	246,0	[75%] [00%]	38,9	7 060,4
11,0	201,3	209,5	243,9	[75%] [00%]	39,6	7 963,4
12,0	224,4	209,5	241,8	[75%] [00%]	40,2	9 025,4
13,0	257,4	209,5	239,7	[75%] [00%]	40,9	10 522,5
14,0	237,6	215,0	237,6	[75%] [00%]	41,5	9 869,9
15,0	290,4	220,5	235,5	[75%] [00%]	42,2	12 254,9
16,0	287,1	226,0	233,3	[75%] [00%]	42,9	12 328,1
17,0	267,3	231,5	231,0	[75%] [00%]	55,0	14 706,8
18,0	254,1	237,1	305,0	[100%] [00%]	56,0	14 224,5
19,0	297,0	242,6	302,0	[100%] [00%]	56,9	16 911,2
20,0	240,9	248,1	299,0	[100%] [00%]	57,9	13 948,1
21,0	204,6	253,6	295,8	[100%] [00%]	59,0	12 071,4
22,0	204,6	259,1	292,6	[100%] [00%]	60,1	12 296,5
23,0	191,4	264,6	289,4	[100%] [00%]	61,2	11 713,7
24,0	125,4	270,1	286,2	[100%] [00%]	62,3	7 812,4
25,0	122,1	275,6	283,0	[100%] [00%]	63,4	7 741,1
26,0	115,5	281,1	419,4	[100%] [50%]	102,8	11 873,4
27,0	115,5	286,7	414,3	[100%] [50%]	105,1	12 139,1
28,0	66,0	292,2	409,2	[100%] [50%]	107,4	7 088,4
29,0	59,4	297,7	404,1	[100%] [50%]	109,7	6 516,2
30,0	72,6	303,2	399,0	[100%] [50%]	112,0	8 131,2
31,0	42,9	303,2	393,9	[100%] [50%]	114,7	4 918,9
32,0	19,8	303,2	388,8	[100%] [50%]	117,3	2 322,9
33,0	6,6	303,2	383,7	[100%] [50%]	120,0	791,9
34,0	3,3	303,2	378,6	[100%] [50%]	122,6	404,7
35,0	0,0	303,2	373,5	[100%] [50%]	0,0	0,0
Загалом для м. Київ, кВт*год						402 673,3

Таблиця 3.2.8 - Розподілення споживання електроенергії компресорами
м. Київ (t_0 = мінус 12°C)

Темп-ра навік. повітря, °C	Годин на рік	Теплове наванта- ження на систему, кВт	Холодо- видатність компресорів (-12°C), кВт	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспож. компр. агрегату для забезпечення Q_0 , кВт	Річне енергоспож. компр. агрегату, кВт*год
-20,0	3,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	142,2
-19,0	3,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	142,2
-18,0	19,8	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	853,4
-17,0	6,6	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	284,5
-16,0	42,9	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1849,0

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-15,0	29,7	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1280,1
-14,0	23,1	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	995,6
-13,0	42,9	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1849,0
-12,0	36,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1564,5
-11,0	49,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	2133,5
-10,0	42,9	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	1849,0
-9,0	59,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	2560,1
-8,0	112,2	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	4835,8
-7,0	85,8	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	3698,0
-6,0	89,1	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	3840,2
-5,0	79,2	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	3413,5
-4,0	128,7	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	5547,0
-3,0	165,0	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	7111,5
-2,0	191,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	8249,3
-1,0	366,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	15787,5
0,0	448,8	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	19343,3
1,0	336,6	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	14507,5
2,0	290,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	12516,2
3,0	254,1	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	10951,7
4,0	244,2	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	10525,0
5,0	191,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	8249,3
6,0	234,3	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	10098,3
7,0	290,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	12516,2
8,0	257,4	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	11093,9
9,0	194,7	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	8391,6
10,0	181,5	209,5	218,0	[100%] [00%]	43,1	7822,7
11,0	201,3	209,5	215,8	[100%] [00%]	44,0	8865,3
12,0	224,4	209,5	213,6	[100%] [00%]	45,0	10093,5
13,0	257,4	209,5	211,4	[100%] [00%]	45,9	11819,8
14,0	237,6	215,0	313,8	[100%] [50%]	74,8	17772,5
15,0	290,4	220,5	310,5	[100%] [50%]	76,5	22215,6
16,0	287,1	226,0	307,3	[100%] [50%]	78,4	22508,6
17,0	267,3	231,5	304,1	[100%] [50%]	80,3	21464,2
18,0	254,1	237,1	300,9	[100%] [50%]	82,2	20887,0
19,0	297,0	242,6	297,7	[100%] [50%]	84,1	24977,7
20,0	240,9	248,1	294,5	[100%] [50%]	86,0	20717,4
21,0	204,6	253,6	291,0	[100%] [50%]	88,1	18029,4
22,0	204,6	259,1	287,6	[100%] [50%]	90,2	18463,1
23,0	191,4	264,6	284,1	[100%] [50%]	92,4	17677,7
24,0	125,4	270,1	280,7	[100%] [50%]	94,5	11847,8
25,0	122,1	275,6	277,2	[100%] [50%]	96,6	11794,9
26,0	115,5	281,1	319,2	[100%] [75%]	107,4	12407,0
27,0	115,5	286,7	315,0	[100%] [75%]	109,6	12663,4

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28,0	66,0	292,2	310,8	[100%] [75%]	111,9	7382,8
29,0	59,4	297,7	306,6	[100%] [75%]	114,1	6776,4
30,0	72,6	303,2	345,6	[100%] [100%]	129,8	9423,5
31,0	42,9	303,2	340,6	[100%] [100%]	132,6	5690,3
32,0	19,8	303,2	335,7	[100%] [100%]	135,5	2682,5
33,0	6,6	303,2	330,7	[100%] [100%]	138,3	912,9
34,0	3,3	303,2	325,8	[100%] [100%]	141,2	465,8
35,0	0,0	303,2	320,8	[100%] [100%]	144,0	0,0
Загалом для м. Київ, кВт*год						511 540,7

3.3 Аналіз холодопродуктивності сухої градирні

Підбір сухої градирні проводився з умов, за яких можливо отримати найбільше годин роботи системи фрікулінгу у режимі холодоносія $+8,5/+5,0^{\circ}\text{C}$ із забезпеченням відведення повного теплового навантаження. Результат підбору наведений на рис 3.21-3.22. Вентилятори обраної модель облаштовані частотним перетворювачем, що надає додатковий потенціал для енергозбереження за умов низької температури навколишнього повітря, коли холодопродуктивність градирні стає надлишковою.

В таблиці 3.1.3 зведені результати розрахунків для діапазону температур мінус $16...+35^{\circ}\text{C}$ для отримання заохолодженого гліколю на температурному рівні $+8,5/+5^{\circ}\text{C}$ за статистичних даних температур у м. Одеса. З таблиці видно за яких температур градирня задовільняє повному тепловому навантаженню від холодильника, при низьких температурах енергоспоживання градирні падає завдяки зменшенню витрати повітря, навпроти, при високих температурах повітря – коли вентилятори виходять на 100% потужності, холодильна система переходить у комбінований режим у якому холодоносії доохолоджується у випарнику холодильної машини. Стовбець «Режим роботи компр. агрегату» [75%] [00%] - відображає ступінь завантаженості холодильного агрегату, наприклад –компресор 1 завантажен на 75%, компресор 2 – на 0%, тобто вимкнут. В таблиці 3.1.4 – зведені результати розрахунку також для міста Одеса, але вже для холодоносія на температурному рівні $-2/-5^{\circ}$. Також, для оцінки зміни ефективності системи фрікулінгу від географічної широти було повторено розрахунок для кліматичних умов міста Київ. Результати для температурного рівня холодоносія $+8,5/+5^{\circ}\text{C}$ для м.Київ наведені у таблиці 3.1.5, для температурного рівня $-2/-5^{\circ}$ у таблиці 3.1.6.

Для більш коректного порівняння, до енергоспоживання градирні додано енергоспоживання циркуляційного насосу. Технічні параметри обраного насосу наведені на рис.3.23 та 3.24.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Дата: 22.10.2023

Сухой охладитель GFD 080.4B/2x5-ND1J/4P.E

Мощность:	353.70 kW ⁽¹⁾	Среда:	Пропилен гликоль 35 Vol. % ⁽²⁾
Резерв поверхности:	0.00 %	Т. входа:	8.50 °C
Объемн. расход вод:	191.060.00 m ³ /h	Т. Выхода:	5.00 °C
Скорость воздуха:	2.00 m/s	Потери давления:	0.79 bar
Воздух на входе:	0.00 °C 80 %	Объемный расход:	92.52 m ³ /h
Геогр. высота:	0.00 m	Массовый расход:	96305 kg/h
Воздух на выходе:	5.20 °C 55 %		
К тепл.передачи:	29.55 W/(m ² ·K)		
Fans (EC):	10 Шт. 3-400V 50-60Hz	Уровень звукового давления:	57.00 dB(A) in 10.00 m ⁽⁴⁾
Технические характеристики вент. узола:		Уровень звуковой мощности:	90.00 dB(A)
Скор. вращ.:	950 min-1	ErP:	Compliant ⁽⁵⁾
Мощность(эл.):	1.85 kW		
Поток:	2.45 A ⁽³⁾		
Общее потребл. эл. энергии:	15.21 kW	класс энергетич. эффективности:	D
Корпус:	Оцинк. сталь, RAL 7035	Трубы:	Медь ⁽⁶⁾
Площадь пов-ти:	2 964.90 m ²	Оребрение:	Алюминий ⁽⁶⁾
Объем труб:	564.5 l	Подключения (на один аппарат):	
Шаг оребрения:	2.40 mm	Вход:	2 x 88.9 " 2.00 mm
Вес (пустой):	274.3 kg ⁽⁸⁾	Выход:	2 x 88.9 " 2.00 mm
Макс. рабочее давление:	16.00 bar	Классификация согласно PED:	Ar L 4, par. 3 ⁽⁷⁾
		Нходов:	4
Размеры: ⁽⁹⁾			
Длина:	6694 mm	Коллектор на вых.:	2 x 88.9 " 2.00 mm
Ширина:	2300 mm	Коллектор на вх.:	2 x 88.9 " 2.00 mm
Высота:	2532 mm ⁽⁸⁾	К-во контуров:	2N
Кол-во ножек:	8	Распределители:	2 " 58

QR Code:

Тип продукта: MTO - 2023-08-08, PL 1/2023, GPC.EU Customer 2023.13-279a (64 Bit)

Прайс-лист (на условиях EXW)	Шт.	Стоимость	Общая стоимость
Цена за единицу	1	66 818,00 EUR	66 818,00 EUR
Комплектующие			15 341,00 EUR
Всего (прайс-лист без НДС, включ. упаковку)			82 159,00 EUR

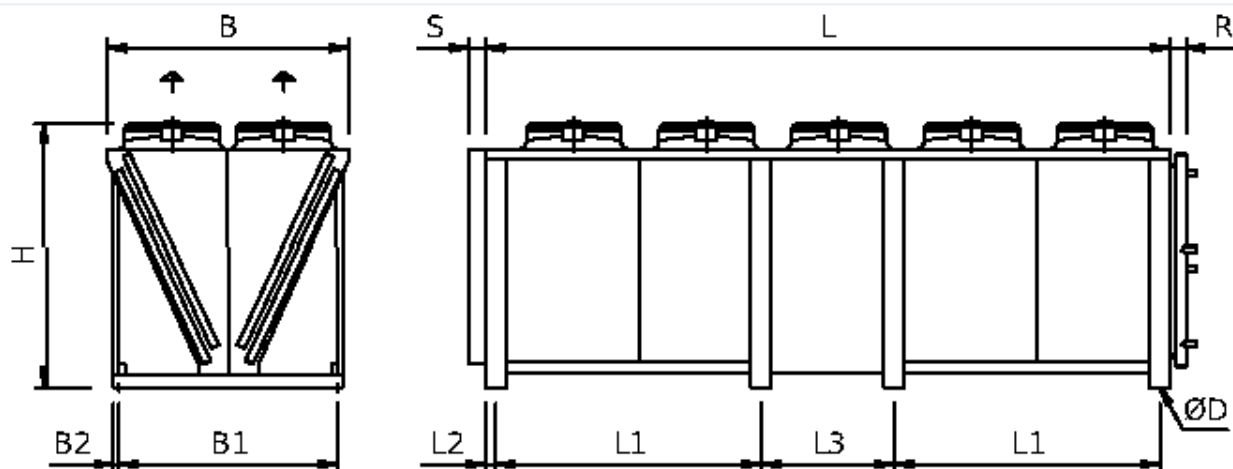
Срок изготовления: 10 недель (Состояние: 2023-10-20)⁽⁹⁾

В соответствии с нашими Общими условиями продажи и поставки

Рис 3.21 – Технічні параметри сухої градирні

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Возможны технические изменения



Внимание: схема и размеры распространяются не на все комплектующие!

L = 6429 mm B = 2300 mm H = 2532 mm R = 245 mm L1 = 2505 mm L2 = 77 mm L3 = 1265 mm B1 = 2093 mm

Комплектующие	Шт.	Стоимость	Общая стоимость
ЕС-вентиляторы с Motormanagement GMMnext EC/16	1	15 341,00 EUR	15 341,00 EUR
Общая стоимость комплектующих			15 341,00 EUR

Важные комментарии / пояснительные примечания:

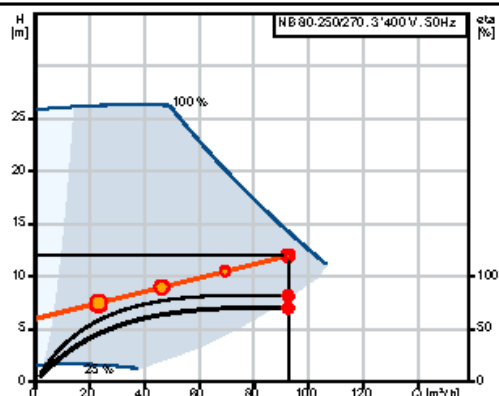
- (1) Расчеты и тесты производительности основаны на стандартах: Конденсаторы/газоохладители EN 327, испарители/воздухоохладители EN 328, сухие охладители EN 1048.
- (2) Fluid group 2 according to pressure equipment directive 2014/68/EU
- (3) Потребляемый ток может изменяться в зависимости от температуры воздуха и подаваемого напряжения (согласно норм VDE).
- (4) According to the enveloping surface method defined in EN 13487/EN 9614-1; tolerance = +2 dB(A). Applies only for AC fans. AC fans with sine control and EC fans. Noise caused by other control methods, water spraying systems or sound reflexions occurring at the installation site are not taken into account and may result in an increased sound pressure level.
- (5) This unit is equipped with fans that meet the efficiency requirements of Directive 2009/125/EC (ErP Directive).
- (6) При использовании аппарата в агрессивных средах необходимо выбирать материалы в соответствии с конкретным применением. см. брошюру с рекомендациями по материалам в меню программы GPC "7".
- (7) Piping (DN = 84.9 mm, T5 max = 100°C, Жидкость). Final classification according to pressure equipment directive 2014/68/EU during order processing.
- (8) Размеры и вес действительны не для всех возможных вариантов! Они могут отличаться для аппаратов специальных (5-) и с опциями.
- (9) Срок поставки для серийных аппаратов с завода поставщика, без срока транспортировки. Сроки поставки для аппаратов с прилагаемыми к заказу чертежами, для аппаратов и комплектующих особого исполнения, а также в большом количестве по запросу.

Рис 3.22 – Технічні параметри сухої градирні

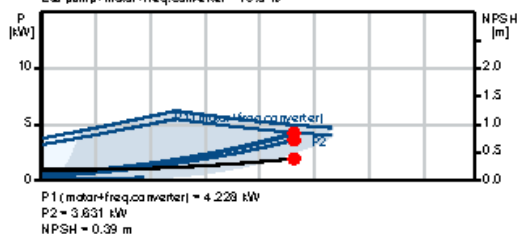
Для оцінки гнучкості регулювання холодовидатності градирні та потенціалу енергозбереження завдяки застосуванню вентиляторів з частотними перетворювачами, був проведений розрахунок та побудовані графіки залежностей холодовидатності градирні від витрати повітря представлені на рис. 3.24 та 3.25.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Description	Value
General information:	
Product name:	NB 80-250/270 AAF2AESBAQELW3
Product No:	On request
Based on:	97839441
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	1075 rpm
Actual calculated flow:	92.5 m³/h
Resulting head of the pump:	12 m
Actual impeller diameter:	270 mm
Nominal impeller diameter:	250
Shaft seal arrangement:	Single
Shaft diameter:	32 mm
Code for shaft seal:	BAQE
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2
Pump version:	A
Bearing design:	Standard
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
Pump housing:	EN-GJL-250
Pump housing:	ASTM class 35
Wear ring:	Brass
Impeller:	Cast iron
Impeller:	EN-GJL-200
Impeller:	ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Material code:	A
Code for rubber:	E
Shaft:	Stainless steel
Shaft:	EN 1.4301
Shaft:	AISI 304
Installation:	
Maximum ambient temperature:	55 °C
Maximum operating pressure:	16 bar
Pipe connection standard:	EN 1092-2
Pressure rating for connection:	PN 16
Bearing lubrication:	Grease
Pump housing with feet:	Yes
Support block (Yes/No):	N
Connect code:	F2
Liquid:	
Pumped liquid:	Heating water
Liquid temperature range:	0 .. 120 °C
Selected liquid temperature:	60 °C
Density:	983.2 kg/m³
Electrical data:	
Motor type:	SIEMENS
Rated power - P2:	5.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-420D/660-725Y V
Rated current:	10.8/6.1 A
Starting current:	850-850 %
Cos phi - power factor:	0.82
Rated speed:	1470 rpm
IE efficiency:	IE3 89.6%
IE Efficiency class:	IE3



Q = 92.5 m³/h
n = 73 % (36.4 Hz) / 1075 rpm
Eta pump = 81.9 %
Pumped liquid = Heating water
Liquid temperature during operation = 60 °C
Eta pump+motor+freq.converter = 70.3 %



P1 (motor+freq.converter) = 4.228 kW
P2 = 3.631 kW
NPSH = 0.39 m

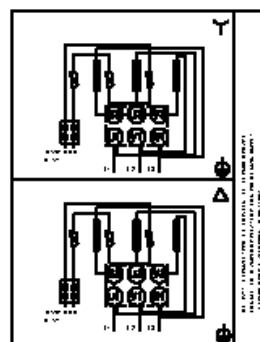
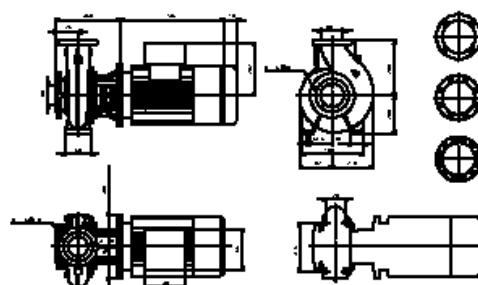
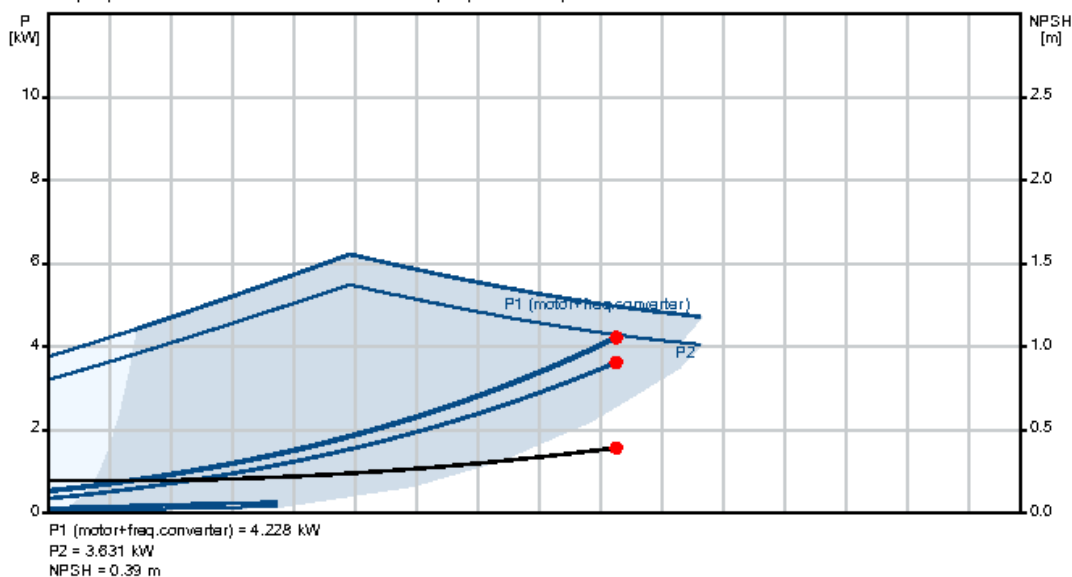
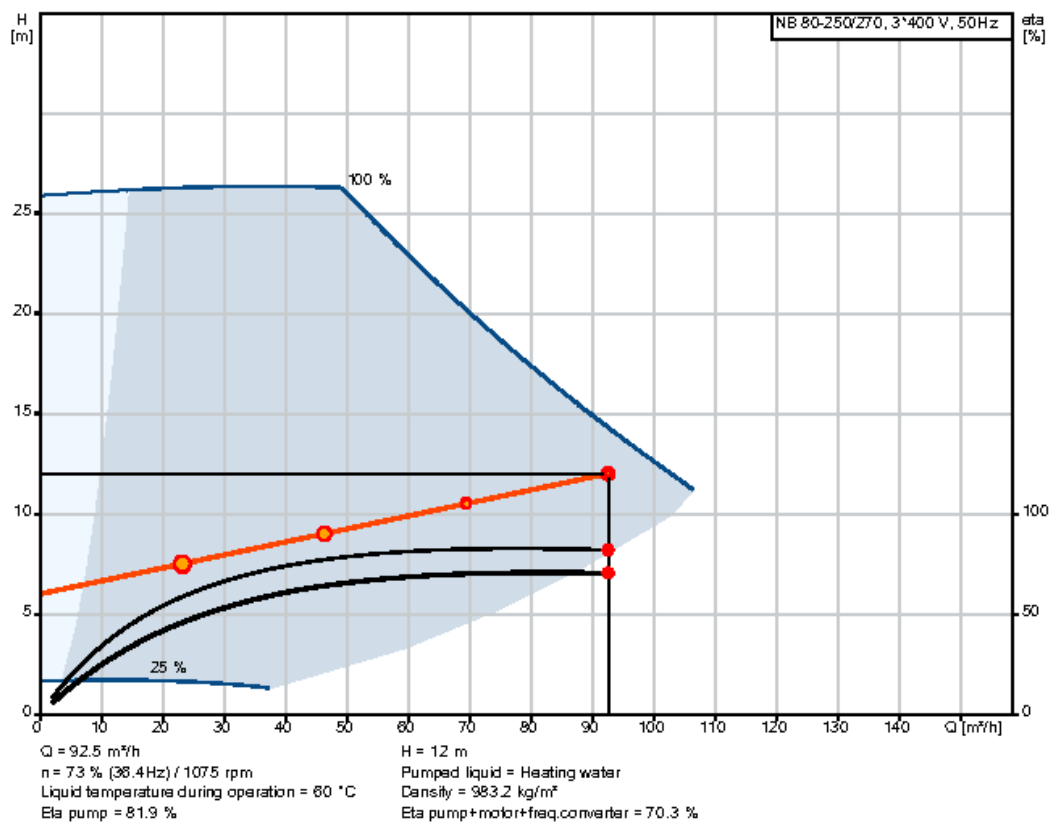


Рис 3.23 – Технічні параметри насосу градирні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

NB 80-250/270 AAF2AESBAQELW3 50 Hz



Printed from Grundfos Product Centre [2023.42.006]

6/18

Рис 3.24 – Технічні параметри насосу градирні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

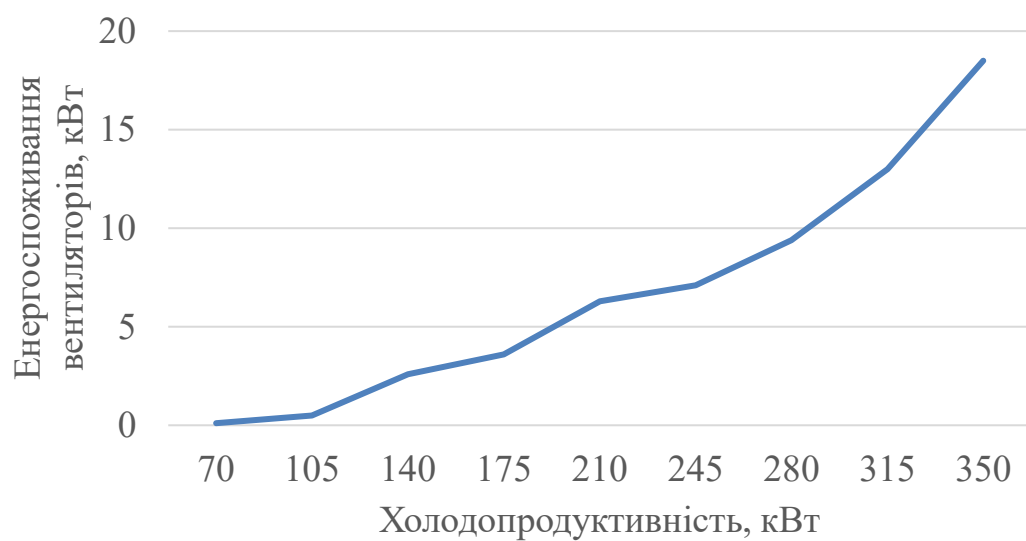


Рис 3.24 – Залежність холодовидатності градирні при температурі повітря $t_n=0^{\circ}\text{C}$ від енергоспоживання ЕС вентиляторів градирні

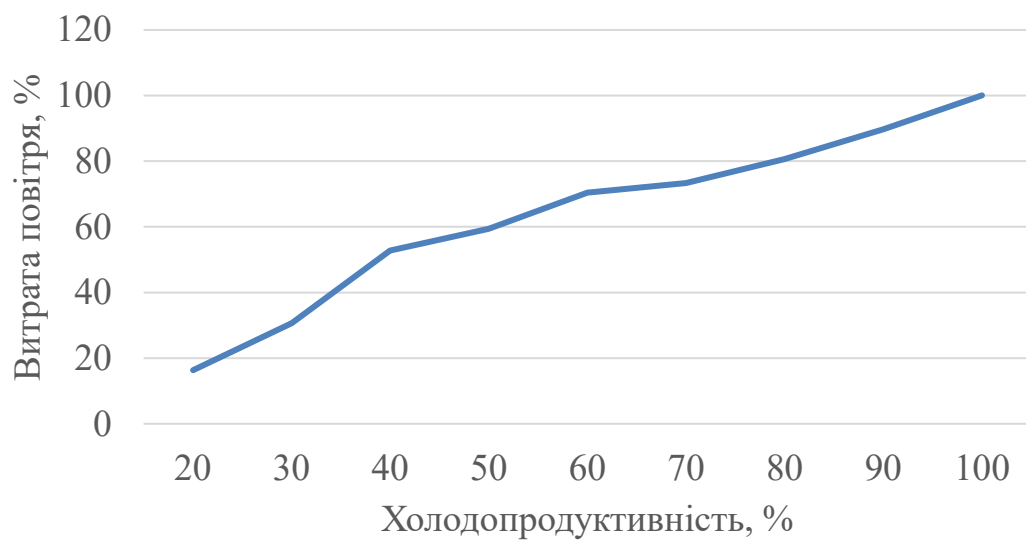


Рис 3.25 – Залежність холодовидатності градирні при температурі повітря $t_n=0^{\circ}\text{C}$ від витрати повітря у відносному виразі

Таблиця 3.3.1 - Розподілення споживання електроенергії компресорами з системою фрікулінгу м. Одеса (t0 = мінус 2°С)

Темп- ра навк. повітря, °С	Годин на рік	Теплове наванта- ження на систему, кВт	Теплове наванта- ження на градирню в режимі +8,5/+5 °С (вх./вих) [Q0, кВт]	Енергоспо- живання градирні в режимі +8,5/+5 °С (вх./вих) [Ne, кВт]	Режим роботи компр. агрегату	Енергос- поживан- ня компр. агрегата для забезпеч- ення Q0, кВт	Енергоспо- живання компр. агрегата та градирні для забезпечен- ня Q0, кВт
-16	6,6	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	5,9
-15	3,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	3,0
-14	6,6	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	5,9
-13	16,5	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	14,9
-12	16,5	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	14,9
-11	23,1	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	20,8
-10	36,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	32,7
-9	16,5	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	14,9
-8	16,5	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	14,9
-7	19,8	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	17,8
-6	46,2	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	41,6
-5	33	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	29,7
-4	79,2	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	71,3
-3	85,8	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	77,2
-2	99	209,5	209,5	1,5	[00%] [00%]	0	148,5
-1	125,4	209,5	209,5	2,8	[00%] [00%]	0	351,1
0	204,6	209,5	209,5	6,3	[00%] [00%]	0	1 289,0
1	386,1	209,5	209,5	17,9	[00%] [00%]	0	6 911,2
2	356,4	209,5	45,5	0,9	[50%] [00%]	25,6	9 444,6
3	412,5	209,5	45,5	0,9	[50%] [00%]	25,6	10 931,3
4	425,7	209,5	45,5	12	[50%] [00%]	25,6	16 006,3
5	320,1	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	12 451,9
6	293,7	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	11 424,9
7	330	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	12 837,0
8	366,3	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	14 249,1
9	316,8	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	12 323,5
10	171,6	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	6 675,2
11	207,9	209,5	0	0	[75%] [00%]	39,56	8 224,5
12	204,6	209,5	0	0	[75%] [00%]	40,22	8 229,0
13	204,6	209,5	0	0	[75%] [00%]	40,88	8 364,0
14	194,7	215,0	0	0	[75%] [00%]	41,54	8 087,8
15	231	220,5	0	0	[75%] [00%]	42,2	9 748,2

16	201,3	226,0	0	0	[75%] [00%]	42,94	8 643,8
17	254,1	231,5	0	0	[75%] [00%]	55,02	13 980,6
18	267,3	237,1	0	0	[100%] [00%]	55,98	14 963,5
19	392,7	242,6	0	0	[100%] [00%]	56,94	22 360,3
20	468,6	248,1	0	0	[100%] [00%]	57,9	27 131,9
21	333,3	253,6	0	0	[100%] [00%]	59	19 664,7
22	270,6	259,1	0	0	[100%] [00%]	60,1	16 263,1
23	260,7	264,6	0	0	[100%] [00%]	61,2	15 954,8
24	237,6	270,1	0	0	[100%] [00%]	62,3	14 802,5
25	214,5	275,6	0	0	[100%] [00%]	63,4	13 599,3
26	181,5	281,1	0	0	[100%] [50%]	102,8	18 658,2
27	125,4	286,7	0	0	[100%] [50%]	105,1	13 179,5
28	92,4	292,2	0	0	[100%] [50%]	107,4	9 923,8
29	79,2	297,7	0	0	[100%] [50%]	109,7	8 688,2
30	33	303,2	0	0	[100%] [50%]	112	3 696,0
31	29,7	303,2	0	0	[100%] [50%]	114,66	3 405,4
32	3,3	303,2	0	0	[100%] [50%]	117,32	387,2
33	9,9	303,2	0	0	[100%] [50%]	119,98	1 187,8
34	6,6	303,2	0	0	[100%] [50%]	122,64	809,4
35	0	303,2	0	0	[100%] [50%]	0,0	0,0
Загалом для м.Одеса, кВт*год							385 362,6
Загалом в т.ч. насос градирні для м.Одеса, кВт*год							395 508,1

Таблиця 3.3.2 - Розподілення споживання електроенергії компресорами з системою фрікулінгу м. Одеса (t_0 = мінус 12°C)

Темп-ра навк. повітря, °C	Годин на рік	Теплове навантаження на систему, кВт	Теплове навантаження на градирню в режимі -2/-5 °C (вх./вих) [Q0, кВт]	Енергоспоживання градирні в режимі -2/-5 °C (вх./вих) [Ne, кВт]	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспоживання компр. агрегата для забезпечення Q0, кВт	Енергоспоживання компр. агрегата та градирні для забезпечення Q0, кВт
-16	6,6	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	5,9
-15	3,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	3,0
-14	6,6	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	5,9
-13	16,5	209,5	209,5	1,7	[00%] [00%]	0	28,1
-12	16,5	209,5	209,5	3,5	[00%] [00%]	0	57,8
-11	23,1	209,5	209,5	9,7	[00%] [00%]	0	224,1
-10	36,3	209,5	100,5	0,9	[50%] [00%]	24,9	936,5
-9	16,5	209,5	100,5	1,2	[50%] [00%]	24,9	430,7

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-8	16,5	209,5	100,5	6,3	[50%] [00%]	24,9	514,8
-7	19,8	209,5	46,0	0,9	[75%] [00%]	34,7	704,9
-6	46,2	209,5	46,0	8,6	[75%] [00%]	34,7	2 000,5
-5	33	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	1 422,3
-4	79,2	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	3 413,5
-3	85,8	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	3 698,0
-2	99	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	4 266,9
-1	125,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	5 404,7
0	204,6	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	8 818,3
1	386,1	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	16 640,9
2	356,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	15 360,8
3	412,5	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	17 778,8
4	425,7	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	18 347,7
5	320,1	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	13 796,3
6	293,7	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	12 658,5
7	330	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	14 223,0
8	366,3	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	15 787,5
9	316,8	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	13 654,1
10	171,6	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	7 396,0
11	207,9	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	44,04	9 155,9
12	204,6	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	44,98	9 202,9
13	204,6	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	45,92	9 395,2
14	194,7	215,0	0,0	0	[100%] [50%]	74,8	14 563,6
15	231	220,5	0,0	0	[100%] [50%]	76,5	17 671,5
16	201,3	226,0	0,0	0	[100%] [50%]	78,4	15 781,9
17	254,1	231,5	0,0	0	[100%] [50%]	80,3	20 404,2
18	267,3	237,1	0,0	0	[100%] [50%]	82,2	21 972,1
19	392,7	242,6	0,0	0	[100%] [50%]	84,1	33 026,1
20	468,6	248,1	0,0	0	[100%] [50%]	86	40 299,6
21	333,3	253,6	0,0	0	[100%] [50%]	88,12	29 370,4
22	270,6	259,1	0,0	0	[100%] [50%]	90,24	24 418,9
23	260,7	264,6	0,0	0	[100%] [50%]	92,36	24 078,3
24	237,6	270,1	0,0	0	[100%] [50%]	94,48	22 448,4
25	214,5	275,6	0,0	0	[100%] [50%]	96,6	20 720,7
26	181,5	281,1	0,0	0	[100%] [75%]	107,42	19 496,7
27	125,4	286,7	0,0	0	[100%] [75%]	109,64	13 748,9
28	92,4	292,2	0,0	0	[100%] [75%]	111,86	10 335,9
29	79,2	297,7	0,0	0	[100%] [75%]	114,08	9 035,1
30	33	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	129,8	4 283,4
31	29,7	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	132,64	3 939,4
32	3,3	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	135,48	447,1
33	9,9	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	138,32	1 369,4
34	6,6	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	141,16	931,7

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

35	0	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	144	0,0
Загалом для м.Одеса, кВт*год							553 676,5
Загалом в т.ч. насос градирні для м.Одеса, кВт*год							554 549,7

Таблиця 3.3.3 - Розподілення споживання електроенергії компресорами з системою фрікулінгу м. Київ (t_0 = мінус 2°C)

Темп-ра навк. повітря, °C	Годин на рік	Теплове навантаження на систему, кВт	Теплове навантаження на градирню в режимі +8,5/+5 °C (вх./вих) [Q0, кВт]	Енергоспоживання градирні в режимі +8,5/+5 °C (вх./вих) [Ne, кВт]	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспоживання компр. агрегата для забезпечення Q0, кВт	Енергоспоживання компр. агрегата та градирні для забезпечення Q0, кВт
-20	3,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	3,0
-19	3,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	3,0
-18	19,8	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	17,8
-17	6,6	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	5,9
-16	42,9	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	38,6
-15	29,7	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	26,7
-14	23,1	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	20,8
-13	42,9	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	38,6
-12	36,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	32,7
-11	49,5	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	44,6
-10	42,9	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	38,6
-9	59,4	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	53,5
-8	112,2	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	101,0
-7	85,8	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	77,2
-6	89,1	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	80,2
-5	79,2	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	71,3
-4	128,7	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	115,8
-3	165	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	148,5
-2	191,4	209,5	209,5	1,5	[00%] [00%]	0	287,1
-1	366,3	209,5	209,5	2,8	[00%] [00%]	0	1 025,6
0	448,8	209,5	209,5	6,3	[00%] [00%]	0	2 827,4
1	336,6	209,5	209,5	17,9	[00%] [00%]	0	6 025,1
2	290,4	209,5	45,5	0,9	[50%] [00%]	25,6	7 695,6
3	254,1	209,5	45,5	0,9	[50%] [00%]	25,6	6 733,7
4	244,2	209,5	45,5	12	[50%] [00%]	25,6	9 181,9
5	191,4	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	7 445,5
6	234,3	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	9 114,3
7	290,4	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	11 296,6

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8	257,4	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	10 012,9
9	194,7	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	7 573,8
10	181,5	209,5	0	0	[75%] [00%]	38,9	7 060,4
11	201,3	209,5	0	0	[75%] [00%]	39,56	7 963,4
12	224,4	209,5	0	0	[75%] [00%]	40,22	9 025,4
13	257,4	209,5	0	0	[75%] [00%]	40,88	10 522,5
14	237,6	215,0	0	0	[75%] [00%]	41,54	9 869,9
15	290,4	220,5	0	0	[75%] [00%]	42,2	12 254,9
16	287,1	226,0	0	0	[75%] [00%]	42,94	12 328,1
17	267,3	231,5	0	0	[75%] [00%]	55,02	14 706,8
18	254,1	237,1	0	0	[100%] [00%]	55,98	14 224,5
19	297	242,6	0	0	[100%] [00%]	56,94	16 911,2
20	240,9	248,1	0	0	[100%] [00%]	57,9	13 948,1
21	204,6	253,6	0	0	[100%] [00%]	59	12 071,4
22	204,6	259,1	0	0	[100%] [00%]	60,1	12 296,5
23	191,4	264,6	0	0	[100%] [00%]	61,2	11 713,7
24	125,4	270,1	0	0	[100%] [00%]	62,3	7 812,4
25	122,1	275,6	0	0	[100%] [00%]	63,4	7 741,1
26	115,5	281,1	0	0	[100%] [50%]	102,8	11 873,4
27	115,5	286,7	0	0	[100%] [50%]	105,1	12 139,1
28	66	292,2	0	0	[100%] [50%]	107,4	7 088,4
29	59,4	297,7	0	0	[100%] [50%]	109,7	6 516,2
30	72,6	303,2	0	0	[100%] [50%]	112	8 131,2
31	42,9	303,2	0	0	[100%] [50%]	114,66	4 918,9
32	19,8	303,2	0	0	[100%] [50%]	117,32	2 322,9
33	6,6	303,2	0	0	[100%] [50%]	119,98	791,9
34	3,3	303,2	0	0	[100%] [50%]	122,64	404,7
35	0	303,2	0	0	[100%] [50%]	125,3	0,0
Загалом для м. Київ, кВт*год							314 774,1
Загалом в т.ч. насос градирні для м. Київ, кВт*год							328 010,4

Таблиця 3.3.4 - Розподілення споживання електроенергії компресорами з системою фрікулінгу м. Київ (t_0 = мінус 12°C)

Темп-ра навк. повітря, °C	Годин на рік	Теплове навантаження на систему, кВт	Теплове навантаження на градирню в режимі +8,5/+5 °C (вх./вих) [Q0, кВт]	Енергоспоживання градирні в режимі +8,5/+5 °C (вх./вих) [Ne, кВт]	Режим роботи компр. агрегату	Енергоспоживання компр. агрегата для забезпечення Q0, кВт	Енергоспоживання компр. агрегата та градирні для забезпечення Q0, кВт
-20	3,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	3,0

-19	3,3	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	3,0
-18	19,8	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	17,8
-17	6,6	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	5,9
-16	42,9	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	38,6
-15	29,7	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	26,7
-14	23,1	209,5	209,5	0,9	[00%] [00%]	0	20,8
-13	42,9	209,5	209,5	1,7	[00%] [00%]	0	72,9
-12	36,3	209,5	209,5	3,5	[00%] [00%]	0	127,1
-11	49,5	209,5	209,5	9,7	[00%] [00%]	0	480,2
-10	42,9	209,5	100,5	0,9	[50%] [00%]	24,9	1 106,8
-9	59,4	209,5	100,5	1,2	[50%] [00%]	24,9	1 550,3
-8	112,2	209,5	100,5	6,3	[50%] [00%]	24,9	3 500,6
-7	85,8	209,5	46,0	0,9	[75%] [00%]	34,7	3 054,5
-6	89,1	209,5	46,0	8,6	[75%] [00%]	34,7	3 858,0
-5	79,2	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	3 413,5
-4	128,7	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	5 547,0
-3	165	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	7 111,5
-2	191,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	8 249,3
-1	366,3	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	15 787,5
0	448,8	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	19 343,3
1	336,6	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	14 507,5
2	290,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	12 516,2
3	254,1	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	10 951,7
4	244,2	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	10 525,0
5	191,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	8 249,3
6	234,3	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	10 098,3
7	290,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	12 516,2
8	257,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	11 093,9
9	194,7	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	8 391,6
10	181,5	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	43,1	7 822,7
11	201,3	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	44,04	8 865,3
12	224,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	44,98	10 093,5
13	257,4	209,5	0,0	0	[100%] [00%]	45,92	11 819,8
14	237,6	215,0	0,0	0	[100%] [50%]	74,8	17 772,5
15	290,4	220,5	0,0	0	[100%] [50%]	76,5	22 215,6
16	287,1	226,0	0,0	0	[100%] [50%]	78,4	22 508,6
17	267,3	231,5	0,0	0	[100%] [50%]	80,3	21 464,2
18	254,1	237,1	0,0	0	[100%] [50%]	82,2	20 887,0
19	297	242,6	0,0	0	[100%] [50%]	84,1	24 977,7
20	240,9	248,1	0,0	0	[100%] [50%]	86	20 717,4
21	204,6	253,6	0,0	0	[100%] [50%]	88,12	18 029,4
22	204,6	259,1	0,0	0	[100%] [50%]	90,24	18 463,1
23	191,4	264,6	0,0	0	[100%] [50%]	92,36	17 677,7

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24	125,4	270,1	0,0	0	[100%] [50%]	94,48	11 847,8
25	122,1	275,6	0,0	0	[100%] [50%]	96,6	11 794,9
26	115,5	281,1	0,0	0	[100%] [75%]	107,42	12 407,0
27	115,5	286,7	0,0	0	[100%] [75%]	109,64	12 663,4
28	66	292,2	0,0	0	[100%] [75%]	111,86	7 382,8
29	59,4	297,7	0,0	0	[100%] [75%]	114,08	6 776,4
30	72,6	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	129,8	9 423,5
31	42,9	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	132,64	5 690,3
32	19,8	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	135,48	2 682,5
33	6,6	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	138,32	912,9
34	3,3	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	141,16	465,8
35	0	303,2	0,0	0	[100%] [100%]	144	0,0
Загалом для м. Київ, кВт*год							497 529,8
Загалом в т.ч. насос градирні для м. Київ, кВт*год							500 246,4

3.4 Порівняльний економічний розрахунок

Усі результати з таблиць 3.2.7-3.2.8 та 3.3.1-3.3.4 зводимо до таблиці 3.4.1 для оцінки ефекту енергозбереження від упровадження системи фрікулінгу у натральному (кВт*год) та у грошовому еквіваленті. Для розрахунку, вартість електро енергії була прийнята 7 грн. 48 коп. – як актуальна для більшості виробничих підприємств України у 2023 році.

Очікувано бачимо, що система фрікулінгу на температурному рівні холодоносія +8,5/+5 °С має в рази більший потенціал енергозбереження як для м. Одеса так і для м. Київ, проте для застосувань на температурному рівні -2/-5 °С застосування фрікулінгу також дає не значну, але економію коштів.

Окремо слід зазначити суттєву різницю у річному енергоспоживанні за рахунок географічного розташування Одеси та Києва, як з системою фрікулінгу так і без.

Для кожного варіанту застосування зробимо розрахунок терміну окупності. Результати зведені до таблиці 3.2.2

Термін окупності градирні з урахування урахування монтажних робіт і матеріалів тільки за рахунок економії електроенергії, а також з допущенням, що ціна на енергоресурси залишиться незмінною протягом усього терміну окупності, розраховувався за формулою:

$$K = (E_{\text{град}} \times 1,5) / C_E \quad (4.2.2)$$

Де E - вартість градирні, 1 905 267,00 грн.;

1,5 – к-ент що враховує вартість запірної арматури, трубопроводів та монтажних робіт;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_E - вартість електро енергії що збережено, грн.

Таблиця 3.4.1 – Зведена таблиця річного споживання електроенергії системи з фрікулінгом та без

№	Найменування	м. Одеса	м. Київ	Різниця у споживанні ел.ен. за рахунок географічного розташування, кВт*год / рік	Різниця у споживанні ел.ен. за рахунок географічного розташування, грн. / рік
1	Річне споживання ел.ен без фрікулінга, холодоносій +8,5/+5 °С, кВт*год/ рік	433 882,20	402 673,30	31 208,90	233 442,57
2	Річне споживання ел.ен з фрікулінгом, холодоносій +8,5/+5 °С, кВт*год/ рік	395 508,10	328 010,40	67 497,70	504 882,80
3	Річне споживання ел.ен без фрікулінга, холодоносій -2/-5 °С, кВт*год/ рік	557 724,90	511 540,70	46 184,20	345 457,82
4	Річне споживання ел.ен з фрікулінгом, холодоносій -2/-5 °С, кВт*год/ рік	554 549,70	500 246,41	54 303,29	406 188,64
5	Різниця у споживанні ел.ен. за рахунок впровадження системи фрікулінгу, холодоносій +8,5/+5 °С, кВт*год / рік	38 374,10	74 662,90	--/--	--/--
6	Різниця у споживанні ел.ен. за рахунок впровадження системи фрікулінгу, холодоносій -2/-5 °С, кВт*год / рік	3 175,20	11 294,29	--/--	--/--
7	Різниця у споживанні ел.ен. за рахунок впровадження системи фрікулінгу, холодоносій +8,5/+5 °С, грн. / рік	287 038,27	558 478,49	--/--	--/--
8	Різниця у споживанні ел.ен. за рахунок впровадження системи фрікулінгу, холодоносій -2/-5 °С, грн. / рік	23 750,50	84 481,32	--/--	--/--

Таблиця 3.4.2 – Термін окупності впровадження системи фрікулінгу

№	Найменування	м. Одеса	м. Київ
7	Термін окупності градирні, холодоносіїв +8,5/+5 °С, років	9,96	5,12
8	Термін окупності градирні, холодоносіїв -2/-5 °С, років	120,33	33,83

Як видно, з кліматичних реалій, система фрікулінгу економічно виправдана лише для холодильників з температурою зберігання 13°C (банан, цитрус, ананас, манго). Проте, обрана градирня, завдяки розробленій принциповій схемі та за сприятливих погодних умов дозволить також підтримувати 0°C у частині холодильних камер камер.

Цикл охолодження без утилізації теплоти.

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

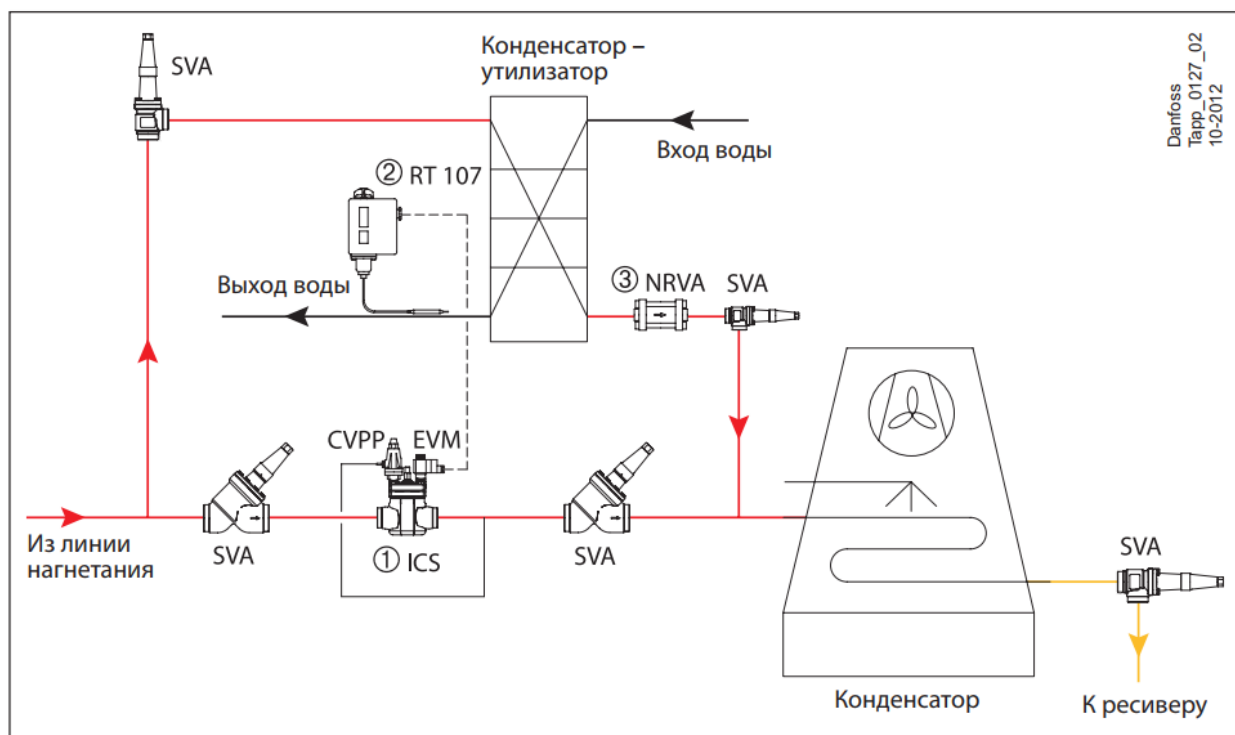
Цикл утилізації теплоти.

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 сервоприводний 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



Мал. 4.2 - 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.

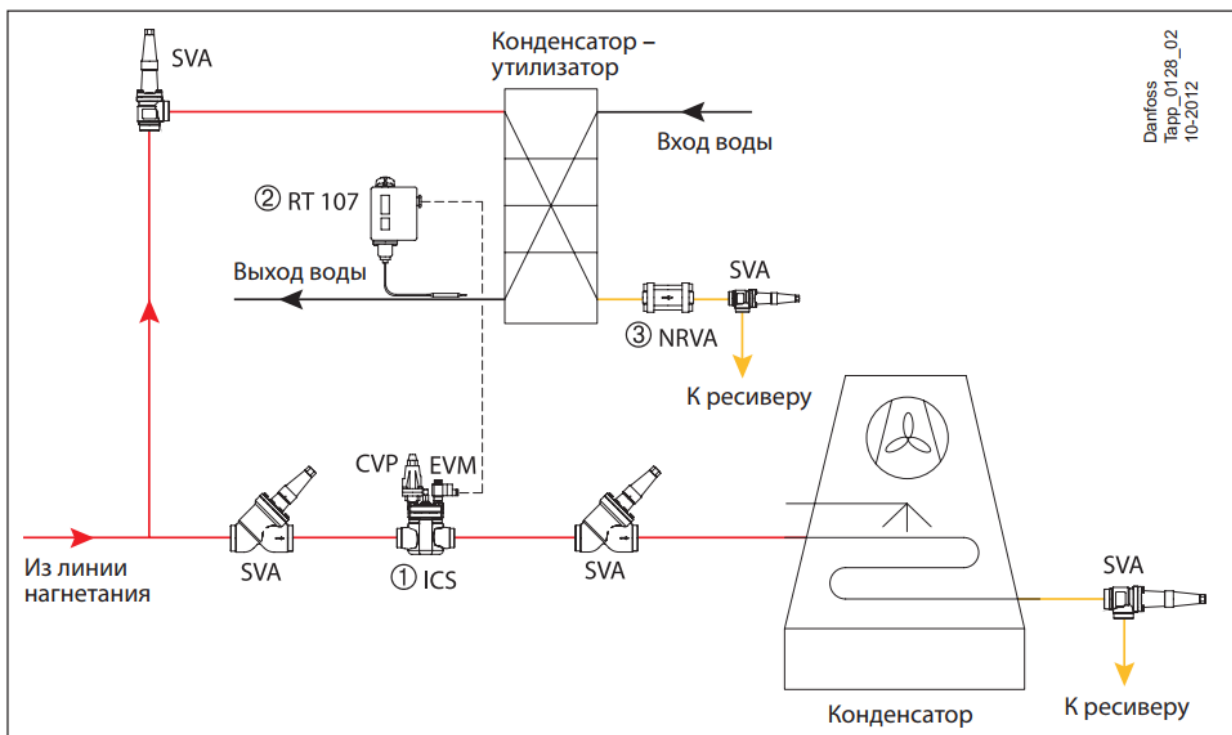
Чим більше стає продуктивність установки, тим більше збільшується перепад тиску на конденсаторі-утилізаторі.

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 відкриється.

Варіант 3. Форконденсація з конденсацією холодоагенту



Мал. 4.3 - Система утилізації теплоти Danfoss з конденсацією холодоагенту

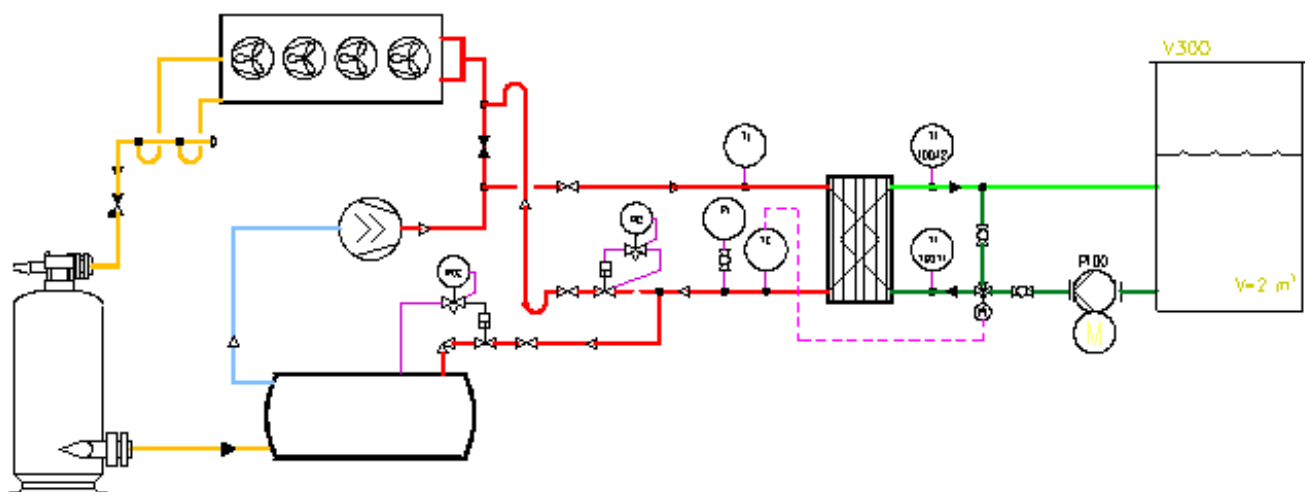
Дана система утилізації тепла застосовується для систем з декількома компресорами, наприклад, для нагріву води для централізованих систем опалення. У нормальних умовах експлуатації сервоприводний клапан ICS (1) знаходиться у відкритому положенні за допомогою двопозиційного соленоїдного пілотного клапана 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 запобігає 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.



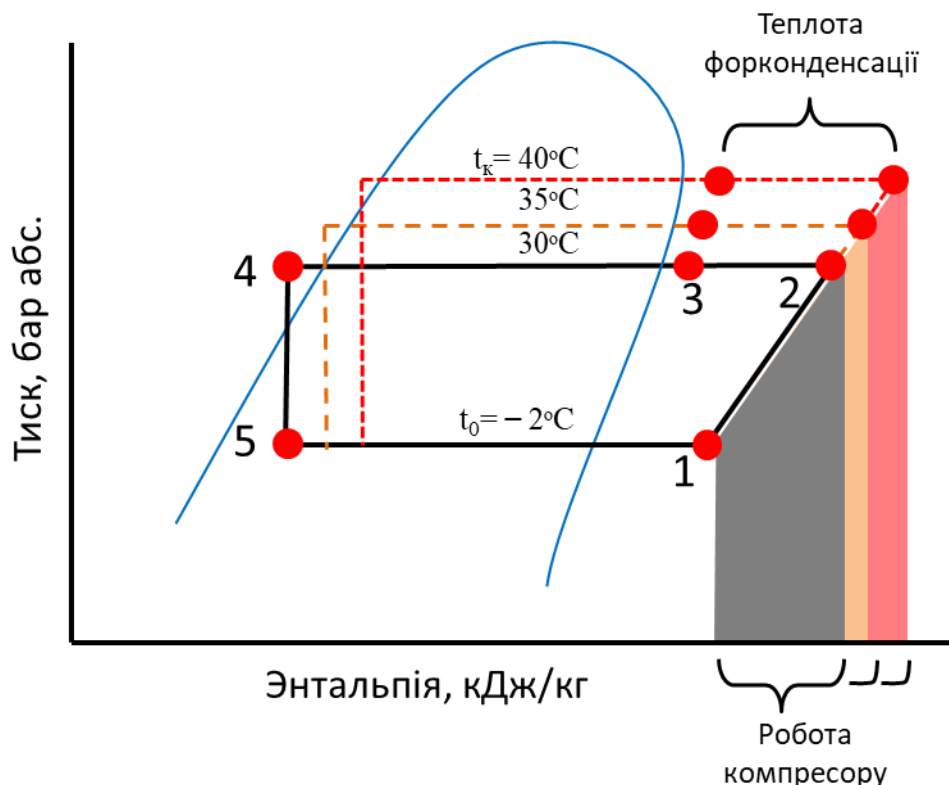
Мал 4.4 – система повної утилізації теплоти форконденсації з підтримкою тиску нагнітання.

4.2 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 мал.3.5 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 мал.3.5- процес між точками 1-2). Як видно з даної діаграми, підвищення температури конденсації, тягне за собою збільшення роботи компресора. У числовому вираженні зміна режимів роботи компресора марки Bitzer CSH8693-140Y наведена в таблиці 4.1.

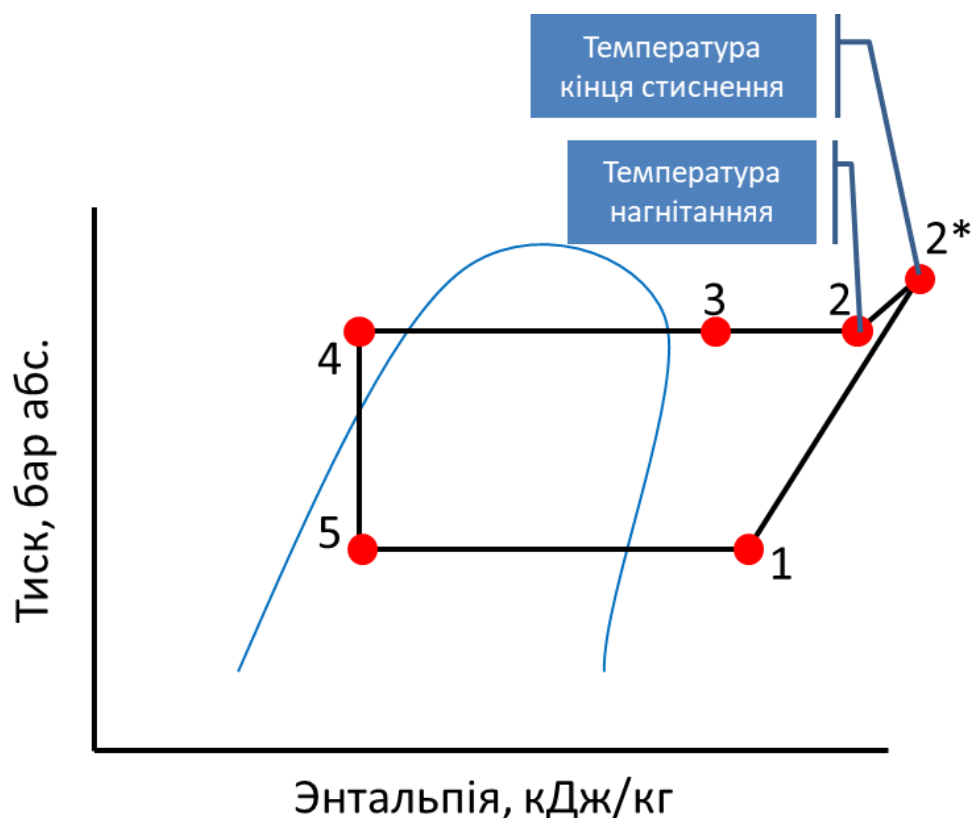


Мал.4.5 - Зміна роботи компресора при підвищенні температури конденсації

Таблиця 4.1. Кількість укилізованої теплоти форконденсації без підтримки тиску конденсації.

Темп-ра навк. повітря, °С	Годин на рік	Завантаження	Масова витрата холодо-агенту		Середня темп-ра нагнітання, °С	Теплота що утилізується форконденсатором, кВт	Теплоти утилізовано, кВт*год
			КМ1, кг/год	КМ2, кг/год			
-20	0	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	0,0
-19	0	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	0,0
-18	0	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	0,0
-17	0	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	0,0
-16	6,6	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	25,1
-15	3,3	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	12,5
-14	6,6	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	25,1
-13	16,5	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	62,7
-12	16,5	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	62,7
-11	23,1	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	87,8
-10	36,3	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	137,9
-9	16,5	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	62,7
-8	16,5	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	62,7
-7	19,8	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	75,2
-6	46,2	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	175,6
-5	33	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	125,4
-4	79,2	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	301,0
-3	85,8	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	326,0
-2	99	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	376,2
-1	125,4	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	476,5
0	204,6	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	777,5
1	386,1	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 467,2
2	356,4	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 354,3
3	412,5	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 567,5
4	425,7	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 617,7
5	320,1	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 216,4
6	293,7	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 116,1
7	330	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 254,0
8	366,3	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 391,9
9	316,8	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	1 203,8
10	171,6	[75%] [00%]	5131	0	43,8	3,8	652,1
11	207,9	[75%] [00%]	5128	0	45,2	4,8	997,9
12	204,6	[75%] [00%]	5124	0	46,5	5,8	1 186,7
13	204,6	[75%] [00%]	5120	0	47,9	6,9	1 411,7
14	194,7	[75%] [00%]	5116	0	49,2	9,0	1 752,3
15	231	[75%] [00%]	5111	0	50,6	9,5	2 194,5
16	201,3	[75%] [00%]	5105	0	52,0	10,2	2 053,3
17	254,1	[75%] [00%]	5099	0	53,3	11,7	2 973,0

18	267,3	[100%]	[00%]	6599	0	54,7	18,2	4 864,9
19	392,7	[100%]	[00%]	6592	0	56,0	20,9	8 224,3
20	468,6	[100%]	[00%]	6585	0	57,4	23,7	11 099,1
21	333,3	[100%]	[00%]	6576	0	58,8	26,4	8 808,6
22	270,6	[100%]	[00%]	6567	0	60,1	29,2	7 893,8
23	260,7	[100%]	[00%]	6558	0	61,5	31,9	8 320,1
24	237,6	[100%]	[00%]	6547	0	62,8	34,7	8 234,5
25	214,5	[100%]	[00%]	6537	0	64,2	37,4	8 022,3
26	181,5	[100%]	[50%]	6525	3470	65,6	61,0	11 071,5
27	125,4	[100%]	[50%]	6513	3457	66,9	64,5	8 088,0
28	92,4	[100%]	[50%]	6500	3443	68,3	68,0	6 282,8
29	79,2	[100%]	[50%]	6487	3429	69,6	71,5	5 662,3
30	33	[100%]	[50%]	6472	3414	71,0	75,0	2 474,7
31	29,7	[100%]	[50%]	6458	3399	72,4	78,5	2 331,1
32	3,3	[100%]	[50%]	6442	3383	73,7	82,0	270,6
33	9,9	[100%]	[50%]	6424	3367	75,1	85,5	846,3
34	6,6	[100%]	[50%]	6408	3351	76,4	92,5	610,4
35	0	[100%]	[50%]	6391	3334	77,8	97,4	0,0
Загалом за рік теплоти утилізовано, кВт*год								131 688,1
Загалом за до темп. +15°C теплоти утилізовано, кВт*год								23 556,4



Мал. 4.6 Діаграма з відображенням процесу надлишкового стиснення парів холодоагенту компресором з подальшим демпферуванням в трубопроводі

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 приходить до усталеного значення тиску конденсації (точка 2). Проте, існуюче розташування датчика тиску показане на мал 4.7 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 мал 4.7, 4.8.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Coolselector2



Информация о проекте

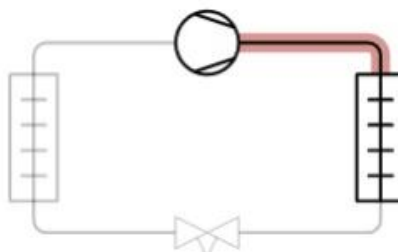
Название проекта:
 Комментарии:
 Создатель:
 Coolselector2 версия: 5.3.2. База данных: 103
 Распечатано: Пятница, 27 Октябрь 2023 г.
 Используемые настройки: Все области применения

Трубопровод 1

Рабочие параметры

Хладагент:	R513a	Массовый расход :	9725 kg/h
Холодопр-ть:	382,4 kW	Теплопроизводительность:	501,2 kW
Температура кипения:	-2,0 °C	Температура конденсации:	45,0 °C
Давление кипения:	2,722 bar	Давление конденсации:	11,60 bar
Полезный перегрев:	10,0 K	Переохлаждение:	0 K
Дополнительный перегрев:	0 K	Дополнительное переохлаждение:	0 K
Температура нагнетания:	69,7 °C		

Система и трубопровод: DX-схема - Линия нагнетания



Всего в трубопроводе

Перепад давления	0,590 bar
Падение температуры насыщения	2,0 K

Положение 1. Регулирующий клапан: ICS 80 NS 67



Перепад давления	0,590 bar
Падение температуры	2,0 K
Скорость на входе	10,25 m/s
Положение клапана	Частично открытый
Соединение	ОК

Выбранный код заказа для ICS 80 NS 67:

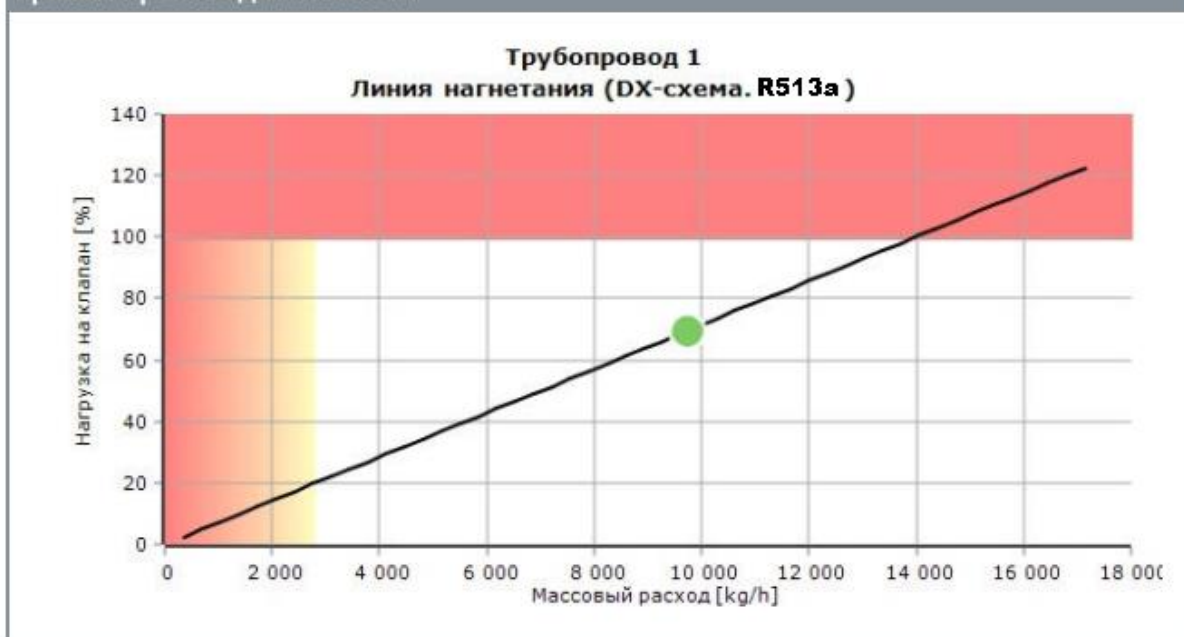
ICS1 80: 027H8020

Выбранные пилоты для ICS 80 NS 67:

1 x CVP-N: 027B0922

Рис 4.8 – підбір клапану ICS з пилотом CVP у програмі CoolSelector

Кривая производительности



Подробные сведения о производительности составного элемента: ICS 80

Дополнительно:

Максимальный открывающий перепад давления [bar] =	40,00
Макс. рабочее давление (PS/MWP) манометр [bar] =	65,00
Минимальная рабочая температура [°C] =	120,0
Минимальная рабочая температура [°C] =	-60,0
Степень открытия [%] =	69,51
Предельный =	False
Положение клапана =	Частично открытый
Номинальный размер входа [mm] =	80,00
Номинальный размер входа [inch] =	3,00
Диаметр входного отверстия [mm] =	82,50
Номинальный размер выхода [mm] =	80,00
Номинальный размер выхода [inch] =	3,00
Диаметр выхода [mm] =	82,50

Доступные присоединения:

DIN-EN под сварку встык.	Размер: 65 t=2,9 mm
DIN-EN под сварку встык.	Размер: 80 t=3,2 mm
ANSI под сварку встык.	Размер: 2 1/2" Sch. 40
ANSI под сварку встык.	Размер: 3" Sch. 40
ANSI Socket под сварку с втулкой.	Размер: 2 1/2"
DIN-EN, пайка ODF.	Размер: 76
ANSI, пайка ODF.	Размер: 2 5/8"

Рис 4.9 – підбір клапану ICS з пілотом CVP у програмі CoolSelector

4.3 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. Детальна технічна роздруківка обраної моделі приведена на мал 4.11.

The screenshot shows the Alfa Laval software interface for selecting a plate heat exchanger. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Contains tabs for File, Liq/Liq, 2-phase, Evap, and Cond. The Cond tab is selected.
- Input Parameters:**
 - Capacity: 97.10 [kW], Margin: 0.00 %
 - Gas Cooling: [Dropdown], Liquid Heating: [Dropdown]
 - In temp: 77.8 [°C], In temp: 40.0 [°C]
 - Out temp: 45.0 [°C], Out temp: 45.0 [°C]
 - In press: 11.59 [bara], Out press: 10.90 [bara]
 - Flow: 2.701 [kg/s], Flow: 4.651 [kg/s]
 - Max pr. drop: 80.00 [kPa], Max pr. drop: 80.00 [kPa]
 - R134a [Dropdown], Water [Dropdown]
 - Mixture [Dropdown], Mixture [Dropdown]
 - Profile [Dropdown], Profile [Dropdown]
 - Desuperheater [Dropdown], Calculate [Button]
- 3D Model:** A 3D model of the plate heat exchanger is shown with temperature labels: 77.8, 45.0, 45.0, and 40.0.
- Options:**
 - Options... [Button]
 - All Products [Dropdown]
 - PED [Dropdown]
 - Hot inlet: S4 [Dropdown]
 - Designed for: REF inch, REFallSold [Dropdown]
 - Regions: Europe [Dropdown]
- Results Table:**

#	Description	kW	%	kPa	kPa	Lead t	EUR	Note
1	CB110-60M	97.10	17.9	74.90	15.17	10	4215	
1	CB112-150AM	97.08	150	67.90	11.18	10	11764	
- Order / Quotation Specification:**

Description	Qty	Item id	Price/Unit
CB110-60M	1	32871 1875 9	4215

Мал 4.10 – Підбір паяного пластинчастого теплообмінника Alfa Laval

Brazed Plate Heat Exchanger Technical Specification

Model : CB110-60M (32871 1875 9)
Item name : Date : 26.10.2023

	Hot Side		Cold side	
	Primary side(S4)		Secondary side	
Fluid		R513a		Water
Mass flow rate	kg/s	2.701		4.651
Fluid Condensed/Vapourized	kg/s	0.000		0.000
Inlet temperature	°C	77.8		40.0
Dew p.	°C			
Outlet temperature(vapor/liquid) °C	45.0	45.0		
Operating pressure(in/out)	bara	11.6/10.8		
Pressure drop	kPa	74.9		15.2
Velocity connection(in/out)	m/s	30.7/28.5		2.82/2.83
Heat exchanged	kW	97.10		
Heat transfer area	m ²	6.50		
OHTC clean conditions	W/(m ² ·K)	1202		
OHTC service	W/(m ² ·K)	1020		
Fouling resistance*10000	m ² ·K/W	0.0		
Margin	%	17.9		
Mean Temperature Difference	K	14.7		
Relative directions of fluids		Countercurrent		
Number of passes		1		1
Materialplate/ brazing	Alloy 316 / Cu			
ConnectionS1 (Cold-out)	Threaded (External)/ 2" ISO 228/1-G (B23) Alloy 316			
ConnectionS2 (Cold-in)	Threaded (External)/ 2" ISO 228/1-G (B23) Alloy 316			
ConnectionS3 (Hot-out)	Soldering/ 2 1/8" (54.2 mm) (D21) Alloy 316			
ConnectionS4 (Hot-in)	Soldering/ 2 1/8" (54.2 mm) (D21) 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	232 x 191 x 616		
Net weight, empty / operating	kg	27.1 / 39.4		
Package length x width x height	mm	270 x 780 x 270		
Package weight	kg	7.500		
Price PPL incl Extras		4215 USD		
-Unit	32871 1875 9	4215.00 USD		

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

Physical Properties

(inlet/outlet)	Hot Side Liquid	Vapour	Cold side Liquid	Vapour
Dens	46.63/50.34		990.8/988.9	
Sp.heat	1.066/1.144		4.176/4.174	
Visc	0.0183/0.0155		0.654/0.596	
Th.Cond	0.0191/0.0157		0.630/0.636	

Мал. 4.11 – Роздруківка технічних параметрів пластинчатого теплообмінного апарату Alfa Laval.

					KPM.XYKP.1.784-03.2.20	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Розрахунок термінів окупності системи утилізації теплоти

Для визначення терміну окупності системи утилізації теплоти конденсації, автором дипломної роботи було розроблено принципове схемне рішення (графічна частина, лист 1), а в таблиці 4.2, надано комерційну пропозицію на поставку основного обладнання та запірної арматури. Ціни вказані в USD по курсу 1USD = .36,43 грн. на момент закриття міжбанку 27.10.2023. Загальна сума в національній валюті складе 402 980,65 грн. з ПДВ.

Таблиця 4.2 – Зведена вартість системи утилізації теплоти форконденсації

Поз.	Найменування	Од.	Кіл-ть	Ціна без ПДВ, USD	Сума без ПДВ, USD
P200	Паяний теплообмінник Alfa Laval CB110-60M	шт	1	4215,00	4215,00
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 (М20х1,5 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-О	шт	1	9,72	9,72
V100.01, V100.09, V100.14, V100.15,	Вентиль кульовий запірний муфтовий Ayvaz SK-120 DN50	шт	4	32,05	128,20
V100.02	Вентиль кульовий запірний муфтовий Ayvaz SK-120 DN15	шт	1	3,70	3,70
F100.03	Фільтр сітчастий муфтовий Ayvaz 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-	шт	1	8,59	8,59

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

	М-Г (М20х1,5 зовнішня)				
	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-О	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:					9218,15
ПДВ:					1843,63
Всього з ПДВ:					11061,78

Виходячи з даних табл. 4.1, сума очікуваної економії при 100% використанні утилізованої теплоти форконденсації повинна скласти 131 688 кВт*год що при вартості електричної енергії 7,48 грн./кВт складе 985 026 грн.. У разі, якщо теплота форконденсації буде використовуватись лише для потреб системи опалення, при роботі останньої за температур навколишнього повітря +15°C і нижче, економія повинна скласти 23 556,4 кВт*год або 176 201,87 грн.

Термін окупності обладнання з допущенням, що ціна на енергоресурси залишиться незмінною протягом усього терміну окупності, розраховувався за формулою:

$$K = C_{об} \times 1,5 / C_p \quad (4.4.1)$$

где $C_{об}$ – вартість основного обладнання та арматури, 411 750,86 грн.

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

1,5 – коефіцієнт що враховує вартість монтажу, трубопроводів та розхідних матеріалів.

Для умов повної утилізації теплоти форконденсації протягом всього року, термін окупності складе:

$$K_{100\%} = 402\,980,65 \times 1,5 / 985\,026 = 0,61 \text{ року}$$

Для умов утилізації теплоти форконденсації лише для потреб системи опалення, при роботі останньої за температур навколишнього повітря +15°C і нижче, термін окупності складе:

$$K_{15^\circ\text{C}} = 402\,980,65 \times 1,5 / 176\,201,87 = 3,4 \text{ року}$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Автоматизація

5.1 Автоматизація системи утилізації теплоти конденсації

Насос поз. P110 здійснює забір води з бака V300, і подає на пластинчастий теплообмінний апарат (далі ПТО) поз. H210 для подальшого нагріву за рахунок зняття теплоти конденсації і повернення в бак. Для запобігання конденсації холодоагенту в ПТО, витрата, що подається на нагрів води регулюється встановленим на лінії подачі поворотним трьохходовим нормально закритим вентилем поз. V110.10. Об'єктом регулювання вентиля поз. V110.10 є температура парів холодоагенту на виході ПТО (H210). Вентиль (V110.10) здійснює перепуск частини води що подається на підігрів, на сторону повернення в бак V300. Визначення про необхідність обмеження витрати вентилем V110.10 через ПТО (H210) відбувається по сигналу занурюваного датчика температури поз. TE210.03 встановленому на трубопроводі виходу охолоджених парів холодоагенту з ПТО (H210). Температура охолоджених парів на виході з ПТО (H210) повинна задовольняти наступні умови

$$t_{\text{вих. пара}} \geq t_k + 3, \text{ C}^{\circ} \quad (5.1)$$

де $t_{\text{вих. пара}}$ - температура пари на виході з ПТО;

t_k - температура конденсації при тиску конденсації холодоагенту;

3 - запас температури запобігає конденсацію холодоагенту, C° .

Визначення температури конденсації (t_k) здійснюється шляхом перерахунку з тиску по залежності температури від тиску насичення (тиску конденсації P_k) для насичених парів хладону R513a. Сигнал з даними про тиск конденсації для перерахунку в температуру знімаються з датчика PE210.16 встановленому на трубопроводі виходу парів холодоагенту з ПТО.

Описаний вище принцип даний для управління холодильної одиницею 1, і також справедливий для холодильної одиниці 2 за винятком зміни номерів позицій. У таблиці 1 наведені зміни в номерах позицій для холодильної одиниці 2.

Таблиця 5.1 - Відповідність нумерації позицій

Номер позиції холодильного обладнання	Найменування
H210	Пластинчастий теплообмінний апарат
P110	Насос теплового контуру
V110.10	Трьохходовий вентиль з електроприводом
TE210.03	Занурюваний датчик температури
PE210.16	Датчик тиску

Захист насоса поз. P110 від роботи в режимі, що може привести до поломки, здійснюється за допомогою сигналу від датчика тиску PE110.05 відповідно. При

закінченні п'яти секунд по тому моменту запуску насоса P110 значення показів датчика PE110.05 не перевищує 1,3 бар абс. Необхідно в автоматичному режимі виконати відключення насоса (P110).

Захист роботи насосів (P110) в режимі кавітації здійснюється за сигналом датчика LA300.02 встановленому в баку поз. V300. Датчик (LA300.02) обладнаний нормально розімкненим контактом. При досягненні мінімально граничного рівня в баку (V300) відбувається замикання контакту датчика рівня (LA300.02), що є сигналом для відключення живлення двигунів насосів (P110) без тимчасової затримки. При подальшому підвищенні рівня в баку (V300) вище мінімально граничного рівня і відповідно розмиканні контактів датчика (LA300.01), подача напруги на двигуни насосів відбувається із затримкою в 5 хвилин і тільки в ручному режимі з щита управління насосами.

Таблиця 6.2 - Таблиця вхідних / вихідних сигналів

№	Позиція	Найменування	Функція
1	V110.10	Вентиль трьохходовий Danfoss HFE3 Діапазон регулювання 0-100%	Регулювання витрати води
		Привід AMB 162 до клапану HFE3	Нормально закритий. Управління клапаном HFE3 (V110.10)
2	TE210.03	Занурюваний датчик температури з кабелем і гільзою під зварювання AKS 21 W	Моніторинг, реєстрація температури парів R513a на виході з H210.
3	PE210.16	Датчик тиску AKS 33, -1/12 бар, 4-20 мА, G1 / 4	Моніторинг, реєстрація, перерахунок тиску в температуру насичення на трубопроводі на виході ПТО H210
4	PE110.05	Датчик тиску AKS 33, -1/6 бар, 4-20 мА, G1 / 4	Моніторинг, реєстрація тиску на нагнітаючому трубопроводі насоса P110
5	P110	Насос Grundfoss Марка: UPS 40-180 F Потужність: 0.77 кВт Частота: 50 Гц Номинальна напруга: 3 x 400-415 В	Подача теплоносія в H210

6. Цивільний захист

Інженерно-технічні заходи щодо підвищення стійкості роботи холодильника системи м'ясопереробного виробництва до дії вражаючих чинників надзвичайних ситуацій

Одним з основних завдань цивільного захисту є проведення заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єктів в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу.

Під стійкістю роботи об'єкта розуміють його здатність в умовах надзвичайних ситуацій випускати продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а при отриманні середніх і слабких руйнувань або порушень зв'язків по корпорації та постачання відновлювати виробництво в мінімальні терміни. Важлива роль у вирішенні завдань з підвищення стійкості об'єктів народного господарства відведена холодильним підприємствам, що забезпечують в умовах надзвичайних ситуацій постачання населенню продуктів харчування. До них належать і м'ясопереробні виробництва.

На стійкість роботи м'ясопереробного виробництва впливають такі фактори:

- надійність захисту робітників та службовців від дії зброї масового ураження;
- здатність інженерно-технічного комплексу підприємства протистояти певною мірою ударній хвилі, світловому випромінюванню і радіації;
- захищеність об'єкта від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень зараження сильнодіючими отруйними речовинами);
- надійність забезпечення об'єкта всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом електроенергією, водою і т.д.);
- стійкість і безперервність управління виробництвом і цивільного захисту;
- підготовленість об'єкта до ведення рятувальних та аварійно-відновлювальних робіт та робіт з відновлення порушеного виробництва.

Інженерно-технічний комплекс м'ясопереробного виробництва включає будівлі і споруди, технологічне обладнання та комунікації, електромережі, тепломережі, водогін та каналізацію.

Надійність і оперативність управління виробництвом і цивільного захисту лежить в основі діяльності керівника підприємства – начальника цивільного захисту, а також його штабу по керівництву підлеглими йому органами і є важливою ланкою в підвищенні стійкості роботи об'єкта в умовах мінливої обстановки надзвичайної ситуації.

Надійність і оперативність управління досягається створенням на об'єкті стійкої системи зв'язку, високою підготовкою керівного та командно-начальницького складу цивільного захисту до виконання функціональних

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обов'язків, своєчасним прийняттям правильних рішень і постановкою завдання підлеглим у відповідності з обстановкою що складається.

Підвищення стійкості роботи м'ясопереробного підприємства досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, спрямованих на максимальне зниження впливу вражаючих факторів і створення умов для швидкої ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Від стійкості будівель і споруд залежить в основному стійкість усього об'єкта. Доцільною межею підвищення стійкості будівель і споруд до дії вражаючих чинників надзвичайних ситуацій вважається такий, при якому отримані підприємством руйнування дають можливість його виправданого відновлення. Разом з тим, прагнути підвищувати стійкість всіх будівель і споруд не слід, тому як це пов'язано з великими матеріальними витратами, які не завжди будуть виправданими. Головним чином, слід підвищувати стійкість найбільш важливих елементів виробництва, від яких залежить робота всього підприємства, але стійкість яких нижча від загальної межі стійкості. Підвищення стійкості будівель і споруд досягається облаштуванням каркасів, рам, відкосів, контрфорсів, опор для зменшення прольоту конструкцій що несуть, а також застосування більш міцних матеріалів. Низькі споруди для підвищення їх міцності частково обсіпаються ґрунтом. Такий спосіб підвищення стійкості застосовується для напівпідвальних приміщень і різних споруд.

Захист ємностей для зберігання легкозаймистих рідин і сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) може здійснюватися облаштуванням підземних сховищ, заглибленням їх у ґрунт або обвалуванням, а збільшення механічної міцності ємностей – встановленням ребер жорсткості.

Так як виробнича діяльність м'ясопереробного виробництва може тривати в умовах радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження, проводиться герметизація основних виробничих будівель і споруд шляхом влаштування тамбурів, герметизації дверей, віконних прорізів і отворів технологічних магістралей. У системі припливно-витяжної вентиляції встановлюються фільтри і герметичні засувки.

Розробляються можливі режими захисту робітників і службовців в умовах радіоактивного зараження. Весь виробничий персонал забезпечується засобами індивідуального захисту. Небезпека ураження людей радіоактивними, отруйними то СДОР вимагає швидкого виявлення та організації рятувальних та невідкладних аварійно-відновлювальних робіт, а також на виробничу діяльність об'єкта народного господарства в умовах НС.

Для підвищення захисних властивостей підприємства збільшується товщина стін, перекриттів, дверей, закладаються вікна і інші елементи. Для цього навколо стін, що виступають вище поверхні землі, влаштовують ґрунтову обсіпку, зашпаровують зайві віконні та дверні отвори, перекриття засипають ґрунтом. Додаткове засипання ґрунтом перекриттів вимагає, як правило, попереднього

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

посилення їх конструкції. Ретельно зашпаровуються всі тріщини, щілини, отвори в стелях, стінах, віконних отворах, дверях, в місцях введення опалювальних і водогінних труб. Двері оббиваються повстю, руберойдом, лінолеумом, іншими щільними матеріалами, а їхні краї – пористою гумою.

Надійно захистити все технологічне обладнання практично неможливо, тому що доводити міцність будівель до захисних властивостей сховища економічно недоцільно. Захист устаткування необхідний, якщо:

- це обладнання здатне випускати особливо важливу продукцію при руйнуванні решти частини підприємства;
- обладнання важко відновлюється, а при ураженні даного об'єкту передбачається використання цього обладнання на інших підприємствах;
- обладнання є унікальним і його збереження є важливим для подальшого використання;

При проектуванні об'єкта необхідно передбачати:

- розміщення важкого устаткування на нижніх поверхах, міцне закріплення апаратів на фундаментах, розміщення найбільш цінного і нестійкого до ударів обладнання в будинках з підвищеними характеристиками міцності або в спеціальних спорудах, а більш міцного цінного обладнання – в окремо розташованих будівлях павільйонного типу, що мають важкозаймісті і полегшені огорожувальні конструкції, руйнування яких не вплине на збереження обладнання. Крім того, необхідно створювати запаси найбільш уразливих деталей і вузлів технологічного устаткування (пультів управління, секцій конвеєрів, електрообладнання та ін.), а також виготовляти в мирний час захисні конструкції (кожухи, камери, навіси, козирки і т. ін.) для захисту обладнання від пошкодження при обваленні конструкцій будівель.

Для такого типу підприємств, як м'ясопереробне виробництво, характерна велика кількість комунікацій для подачі води та електроенергії, які розташовані на високих естакадах або зовнішніх стінах будинків, що полегшує їх регулярний огляд і поточний ремонт, але значно знижує стійкість до впливу ударної хвилі.

Для підвищення надійності комунікацій слід:

- заглиблювати основні комунально-енергетичні та технологічні комунікації або розміщувати їх на низьких естакадах, обваловувати ґрунтом;
- збільшувати міцність трубопроводів постановкою ребер жорсткості хомутів, що з'єднують два-три трубопроводи в один пучок та ін.

Система електропостачання є визначальною для холодильника м'ясопереробного виробництва. Підвищення стійкості цієї системи досягається як проведенням загальноміських, так і об'єктних інженерно-технічних заходів. При живленні об'єкта від районної електросистеми, лінії електропередачі варто робити з двох напрямків. При неможливості живлення від двох джерел електропостачання

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачається випадкове (аварійне) джерело, в якості якого можуть використовуватися пересувні електростанції. Потужність такої станції розраховується на обмежену групу споживачів електроенергії. Перехід на живлення від аварійних електростанцій повинен здійснюватися автоматично без припинення подачі електроенергії споживачам. Електроенергія на підприємстві повинна подаватися по підземних кабельних лініях.

Для запобігання виходу з ладу електричних мереж слід встановлювати пристрої автоматичного відключення їх при перевантаженнях, які можуть бути створені електромагнітними полями, що виникають при ядерному вибуху.

Винятково важливе значення має створення стійкої системи водопостачання об'єкту. Підприємство повинно забезпечуватися водою не менше ніж від двох джерел – основного і резервного. Причому одне із джерел повинно бути підземним. Це джерело найбільш надійне, тому що менше схильне до можливого руйнування і зараження радіоактивними та отруйними речовинами, бактеріологічними засобами. В якості підземного джерела може бути використана артезіанська свердловина. Вона знаходиться в резерві до виходу з ладу основного джерела водопостачання – міського водогону. Резервним джерелом може бути близько розташоване водоймище, від якого проведено водогін з водозабірними та очисними спорудами, а також автономним джерелом енергії, яким може служити пересувна електростанція. Крім того, на об'єкті споруджують і завчасно заповнюють резервуари водою. Артезіанські свердловини, резервуари із запасом чистої води і шахтні колодязі повинні бути пристосовані для роздачі води в пересувну тару і захищені від дії радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження.

Для гасіння пожеж на об'єкті споруджуються водоймища, обладнуються під'їзди до них, а на берегах річок, озер і ставків створюються майданчики і пірси для встановлення пожежних насосів. Якщо немає можливості використовувати водойми, то для забезпечення потреб об'єкта і для гасіння пожеж бурять артезіанські свердловини.

До числа спеціальних заходів щодо захисту технологічного процесу, що проводяться на об'єкті при загрозі надзвичайної ситуації, можна віднести наступні інженерно-технічні заходи:

- захист від світлового випромінювання відкритих апаратів, ємностей з горючими рідинами та газами;
- зменшення в машинному відділенні до технологічно обґрунтованого мінімуму мастил, гасу, бензину, фарб та інших горючих речовин;
- зміна технології, що виключає застосування у виробництві будь яких вогнебезпечних або вибухонебезпечних речовин (наприклад, використання для промивання деталей замість гасу чи бензину водного розчину хромпіка);
- видалення горючих матеріалів з віконних прорізів;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування автоматичних ліній і засобів гасіння пожеж як найбільш ефективних для боротьби з пожежами від світлового випромінювання на початкових стадіях їх формування;
- максимальне усунення умов, що створюють вибухові суміші в приміщеннях;
- пристрій аварійних і заглиблених ємностей для швидкого спуску з обладнання та технологічних систем горючих речовин.

Мережі водопостачання прокладаються в землі і обладнуються засувками для відключення окремих ділянок при аварії, пожежні гідранти та вимикачі пристрою – на території, яка не може бути завалена при руйнуванні будинків і споруд. При виборі схеми виробничого водопостачання необхідно вирішувати питання про можливість оборотного використання води. Це зменшує загальну потребу підприємства у воді і, отже, в якійсь мірі підвищує стійкість підприємства.

Щоб підвищити стійкість каналізації об'єкта, слід влаштовувати роздільні схеми каналізації: одну для зливових, іншу для промислових і господарських (фекальних) вод. У системі промислової і господарської (побутової) каналізації необхідно обладнати не менше двох випусків на міські колектори. На випадок аварії на міських мережах і насосних станціях система каналізації об'єкта повинна мати аварійні викиди у розташовану поруч річку або дощові води. Для скидання будують колодязі з аварійними засувками, які встановлюються на об'єктних колекторах.

Проводяться протипожежні профілактичні заходи для запобігання пожежам, створення умов, що ускладнюють розповсюдження вогню і полегшують боротьбу із ним. Територію підприємства необхідно своєчасно очищувати від тимчасових швидкозаймистих споруд. Для підвищення вогнестійкості дерев'яних конструкцій застосовується вогнезахисне фарбування і обмазка. Фарбування виконується фарбою світлих відтінків. В якості захисних покриттів використовуються вогнестійкі фарби, а також побілка, що відбиває світлове випромінювання, а для покриття дерев'яних конструкцій застосовується також вапняна або суперфосфатна обмазка, глина.

Відновлення порушеного виробництва організується після проведення рятувальних та інших невідкладних робіт як логічне продовження їх, а в окремих випадках одночасно з цими роботами. Для скорочення часу на відновлення виробництва на об'єкті повинні завчасно розроблятися плани і проекти відновлення інженерно-технічного комплексу з різних варіантів можливого руйнування, створюватися і готуватися бригади для ремонтно-будівельних робіт, створюватися рухома база і запаси відновлювальних матеріалів і комунікацій. Проектування відновлювальних робіт у декількох варіантах можливого ураження об'єкта дозволить у будь-якій ситуації мати готовий план відновлення, який у майбутньому потребуватиме лише коректування. У проектах відновлення слід широко використовувати типові рішення.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливе значення для стійкості роботи холодильної системи м'ясопереробного виробництва під час надзвичайних ситуацій має стійкість роботи систем автоматизованого регулювання і управління холодильною установкою. Тому слід звернути окрему увагу на захист обладнання системи автоматизованого регулювання і управління холодильною установкою від дії електромагнітного імпульсу.

Електромагнітний імпульс – вражаючий фактор ядерного вибуху, а також будь-яких інших джерел ЕМІ, таких як блискавки, коротке замикання в електричному обладнанні високої потужності, за своєю природою є електромагнітним випромінюванням у вигляді потужного короткого імпульсу, що пригнічує електричну і електронну апаратуру. Виникає електромагнітний імпульс (ЕМІ) в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання, що утворюється під час вибуху, з атомами доквілля.

Основними параметрами ЕМІ, що визначають приголомшуючу дію, є характер зміни напруженості електричного і магнітного полів у часі – форма імпульсу і максимальна напруженість поля – амплітуда імпульсу.

Основна частина енергії ЕМІ доводиться на частоти до 30 кГц.

Дія ЕМІ здатна викликати потужні імпульси струмів і напруги в дротах і кабелях повітряних і підземних ліній електропередачі, сигналізації, управління і т. п.

Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з відкритими дротами, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, зазвичай без безповоротних змін. Отже, вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних і електронних систем. Особливістю ЕМІ як приголомшуючого чинника є його здатність поширюватися на десятки і сотні кілометрів в доквіллі і по різних комунікаціях (мережах електро- і водопостачання, дротяного зв'язку і т.п.). Тому ЕМІ може надати дію там, де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають своє значення як приголомшуючі чинники.

При наземних і низьких повітряних вибухах в зоні радіусом в декілька кілометрів від місця вибуху, в лініях зв'язку і електропостачання виникають напруга, яка може викликати пробій ізоляції дротів і кабелю відносно землі, а також пробій ізоляції елементів апаратури і пристроїв, підключених до повітряних і підземних ліній.

Міра пошкодження залежить в основному від амплітуди наведеного імпульсу напруги або струму і електричної міцності устаткування. Найбільш схильні до дії ЕМІ системи сигналізації, управління і зв'язку. Вживані в цих системах кабелі і апаратура мають граничну електричну міцність не більше 10 кВ імпульсної напруги, тоді як імпульси напруги від дії ЕМІ ядерного вибуху, що наводяться, можуть перевищувати ці значення.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Людина піддається небезпеці в районі дії ЕМІ лише в разі безпосереднього контакту із струмопровідними предметами.

Головне завдання захисних пристроїв від дії ЕМІ – виключити доступ наведених струмів до чутливих вузлів і елементів устаткування, що захищається. Проблема захисту від дії ЕМІ ускладнюється тим, що імпульс протікає приблизно в 50 разів, ніж, наприклад, розряд блискавки, і тому прості газові розрядники в даному випадку малоефективні.

У кожному конкретному випадку мають бути знайдені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електричних і електронних елементів.

Серед цих методів найбільш поширені:

- екранування;
- оптимальне просторове розміщення і заземлення окремих частин системи;
- застосування пристроїв, що перешкоджають перенапруженню і найбільш критичних місцях.

Одним з методів захисту радіоелектронних систем від дії сильного електромагнітного випромінювання є застосування металевих екранів. Вони відбивають електромагнітні хвилі і гасять високочастотну енергію. Через систему заземлення струм, наведений ЕМІ, стікає в землю, не заподіявши шкоди електронній апаратурі, що знаходиться усередині металевих шаф або коробів. Товщину екрану і послаблення, що дається їм, можна розрахувати, знаючи потужність і щільність потоку випромінювання за екраном, провідність і магнітну проникність матеріалу, спектр частот ЕМІ.

Стінки екранів можуть виконуватися як у вигляді ґрат, так і у вигляді суцільних листів. Хоча вартість екранів з суцільними стінками дещо більше, їх екрануючі властивості кращі.

Сполучні кабелі для захисту прокладають в земляних траншеях під цементною або бетонованою підлогою будівлі (споруди) або укладають в сталеві коробки, які заземляють. Можна розміщувати кабелі і на поверхні підлоги, закривши їх заземленими швелерами. По довжині між собою швелери зварюють так, щоб був надійний електричний контакт. У особливо несприятливих умовах кабелі слід ховати в металевий рукав, який закріплюють на підлозі і заземлюють. Все це разом виконує роль екрану і служить надійним захистом від механічних пошкоджень кабелів.

При виборі захисних пристроїв слід враховувати, що дія ЕМІ характеризується масовістю, тобто одночасним спрацюванням захисних засобів у всіх ланцюгах, що виявилися в районі джерела ЕМІ. Тому вживані схеми захисту повинні автоматично відновлювати працездатність ланцюгів негайно після припинення дії ЕМІ.

Для підвищення стійкості роботи холодильної машини від дії ЕМІ ядерного вибуху необхідно провести наступні інженерно-технічні заходи:

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кабелі живлення необхідно екранувати і на входах до двигунів встановити швидкодіючі вимикачі;
- розводящу мережу системи програмного управління прокласти в сталевих трубах;
- Пульти управління необхідно закрити заземленим екраном, на входах (виходах) встановити швидкодіючі вимикачі.

Заходи щодо підвищення стійкості підприємства та його структурних підрозділів до вражаючих чинників НС повинні відповідати вимогам діючої нормативної та нормативно-технічної документації, сприяти соціально-економічному розвитку об'єктів та бути економічно обґрунтованими.

Основна частина заходів спрямованих на підвищення стійкості об'єкту підлягає реалізації до моменту виникнення НС, інша – при загрозі та виникненні НС.

На період до запобігання виникнення НС плануються та проводяться найбільш складні та об'ємні інженерно-технічні заходи, такі як:

- підсилення конструкцій будівель та споруд;
- будівництво захисних споруд;
- накопичення засобів індивідуального захисту.

Під час загрози виникнення НС планується:

- приведення до повної готовності засобів захисту, сповіщення та зв'язку;
- проведення комплексу протипожежних, протипаводкових та інших заходів;
- підготовка сил та засобів для рятувальних, відновлювальних та інших робіт;
- проведення розосередження та евакуації населення та працівників підприємства;

На період дії НС планується:

- сповіщення персоналу про НС;
- безаварійна зупинка підприємства;
- укриття виробничого персоналу в захисних спорудах;
- проведення невідкладних рятувальних та відновлювальних робіт.

Підвищення стійкості роботи об'єкта буде досягатися шляхом проведення інженерно-технічних заходів щодо посилення найбільш слабких (уразливих) елементів і ділянок об'єкта. Для цього на кожному об'єкті завчасно на основі дослідження планується і проводиться великий обсяг робіт, що включає виконання організаційних і інженерно-технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних заходів.

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

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- захист робітників і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів і вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів щодо зменшення ймовірності виникнення вторинних факторів поразки і збитків від них;
- підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкта.

Розроблення та здійснення заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в більшості випадків проводиться в звичайних умовах. Та частина робіт, виконання яких проводиться в умовах НС, планується завчасно, а виконується при загрозі виникнення НС.

При вирішенні завдань підвищення стійкості роботи об'єкта особлива увага звертається на забезпечення укриття всіх працюючих людей в захисних спорудах. З метою виконання цього завдання розробляється план нагромадження і будівництва необхідної кількості захисних споруд, яким передбачається укриття робітників та службовців в швидкокомтованих притулках в разі нестачі притулків, що відповідають сучасним вимогам. При організації робіт з будівництва швидкокомтованих притулків в умовах НС використовують наявні на об'єкті будівельні матеріали.

Посилення міцності будівель, споруд, обладнання та їх конструкцій пов'язано з великими витратами, Тому підвищення характеристик міцності доцільно в тому випадку, якщо:

- окремі особливо важливі виробничі будівлі та споруди значно слабше інших і їх міцність доцільно довести до загальноприйнятого для даного підприємства межі стійкості;
- необхідно зберегти деякі важливі ділянки (цеху), які можуть самостійно функціонувати при виході з ладу інших і забезпечать випуск особливо цінної продукції.

При проектуванні і будівництві нових цехів підвищення стійкості може бути досягнуто застосуванням для несучих, конструкцій високоміцних і легких матеріалів (сталей підвищеної міцності, алюмінієвих сплавів). У каркасних будівель великий ефект досягається застосуванням полегшених конструкцій стінового заповнення і збільшенням світлових прорізів шляхом використання скла, легких панелей із пластиків і інших легко руйнуються матеріалів; ці матеріали і панелі руйнуючись зменшують тиск ударної хвилі на каркас споруди, а уламки їх приносять менший збиток устаткуванню. Дуже ефективним є спосіб застосування повертаються панелей, тобто кріплення легких панелей на шарнірах до каркасів

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колон споруд. При дії динамічних навантажень такі панелі повертаються, що значно знижує вплив ударної хвилі на несучі конструкції споруд.

При реконструкції існуючих промислових споруд, так само як і при будівництві нових, слід застосовувати полегшені міжповерхові перекриття і сходові марші, посилення їх кріплень до балок; застосовувати легкі, вогнестійкі покрівельні матеріали. Обвалення цих конструкцій і матеріалів принесе меншу шкоду устаткуванню, ніж важкі залізобетонні перекриття, покрівельні та інші конструкції.

При загрозі виникнення НС в найбільш відповідальних спорудах можуть вводитися додаткові опори для зменшення прольотів, посилюватися найбільш слабкі вузли та окремі елементи несучих конструкцій. Окремі елементи, наприклад високі споруди (труби, щогли, колони, етажерки), закріплюються відтяжками, розрахованими на навантаження, створювані впливом швидкісного напору повітря ударної, хвилі ядерного вибуху; влаштовуються бетонні або металеві пояси, що підвищують жорсткість конструкції, і т. д.

Підвищення стійкості обладнання досягається шляхом посилення його найбільш слабких елементів, а також створенням запасів цих елементів, окремих вузлів і деталей, матеріалів та інструментів для ремонту і відновлення пошкодженого обладнання. При створенні запасів обладнання, запасних частин та матеріалів враховують існуючі норми і економічну доцільність їх створення. Велике значення має міцне закріплення на фундаментах верстатів, установок та іншого обладнання, що мають велику висоту і малу площу опори; пристрій розтяжок і додаткових опор підвищує їх стійкість на перекидання. Небажано розміщувати прилади на незакріплених підставках, тумбах, столах. Важке обладнання розміщують, як правило, на нижніх поверхах виробничих будівель. Машини та агрегати великої цінності рекомендується розміщувати в будівлях, що мають полегшені і важкозаймисті конструкції, обвалення яких не призведе до руйнування цього обладнання. Деякі види технологічного обладнання розміщують поза будівлею - на відкритому майданчику біля об'єкта під навісами. Це виключить руйнування його уламками конструкцій.

Насичення сучасних технологічних ліній засобами автоматики, телемеханіки, електронної та напівпровідникової техніки в значній мірі сприяє вдосконаленню технологічних процесів, в той же час робить ці процеси більш уразливими до впливу вражаючих факторів НС. Отже, одночасно з вдосконаленням технологічних процесів виробництва слід вживати необхідних заходів і щодо підвищення їх стійкості.

Необхідна умова надійності технологічного процесу - стійкість системи управління і безперебійне забезпечення усіма видами енергопостачання. У разі виходу з ладу автоматичних систем управління передбачається перехід на ручне керування технологічним процесом в цілому або окремими його ділянками.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На всіх об'єктах розробляються способи безаварійної зупинки виробництва за сигналом оповіщення про виникнення НС, передбачається відключення споживачів від джерел енергії або надходження технологічної сировини. Для цих цілей в кожній зміні промислових об'єктів виділяють людей, які повинні відключати джерела постачання і технологічні установки за сигналом оповіщення про виникнення НС. Якщо за умовами технологічного процесу зупинити окремі ділянки виробництва, агрегати, печі та інше не можна, то їх переводять на знижений режим роботи. Для спостереження за роботою цих елементів об'єкта призначаються відповідальні, які за сигналом оповіщення про виникнення НС укриваються в підготовлених для них індивідуальних укриттях в безпосередній близькості від робочого місця.

Підвищення стійкості систем енергопостачання відіграє значну роль в життєдіяльності промислових районів і об'єктів народного господарства. Підвищення стійкості системи енергопостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів.

Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари шляхом прокладки декількох підвідних електро-, газо-, водопостачальних комунікацій та подальшого їх закільцьовування. Інженерні та енергетичні комунікації переносяться в підземні колектори, найбільш відповідальні пристрої (центральні диспетчерські розподільні пункти) розміщуються в підвальних приміщеннях будинків чи у спеціально побудованих міцних спорудах. На тих підприємствах, де укладка підвідних комунікацій у траншеях чи тунелях не представляється можливою, проводиться кріплення трубопроводів до естакадах, щоб уникнути їх зсуву або скидання. Потім зміцнюються самі естакади шляхом установки врівноважуючих розтяжок у місцях поворотів і розгалужень. Дерев'яні опори замінюють на металеві і залізобетонні.

Для забезпечення проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт, а також виробництва в перший час після виникнення НС (у разі виведення з ладу основних джерел енергоживлення) створюється резерв автономних джерел електро- та водопостачання. Зазвичай це бувають пересувні електростанції і насосні агрегати з автономними двигунами, наприклад з двигунами внутрішнього згорання.

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищується шляхом підключення його до декількох джерел живлення, віддалених один від одного на відстань, що виключає можливість їх одночасного ураження одним ядерним вибухом.

Велике значення для підвищення стійкості роботи об'єкта має надійне постачання його водою. Припинення подачі води може призвести до зупинення, виробничого процесу і припинення випуску продукції навіть тоді, коли об'єкт народного господарства не буде зруйнований при виникненні НС.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На об'єктах крім систем електро-, водо-, газо-і теплопостачання є системи енергозабезпечення технології виробництва. Наприклад, мережі і споруди для подачі стисненого повітря, кисню, аміаку, хлору та інших рідких та газоподібних реактивів. Інженерно-технічні заходи для цих систем розробляють головним чином з метою попередження виникнення вторинних факторів поразки.

Підвищення стійкості матеріально-технічного постачання об'єкта забезпечується створенням запасів сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, устаткування і палива. Запаси матеріалів необхідні не тільки для забезпечення виробничого процесу, але й для відновлення об'єкта у випадку його пошкодження при дії засобів ураження. Розміри незнижуваних запасів визначаються для кожного об'єкта вищестоящою інстанцією і планувальними органами в залежності від можливості їх накопичення, важливості продукції, що випускається. Стійко працююче підприємство повинно бути здатне безперервно випускати продукцію за рахунок наявних запасів до відновлення зв'язків з поставок або до одержання необхідного від нових постачальників. Тому дуже важливо забезпечити надійне збереження цих запасів.

Вирішення проблеми захисту населення і забезпечення надійного функціонування м'ясопереробного виробництва є актуальним як у надзвичайних ситуаціях, так і в мирний час. Для того, щоб забезпечити захист робітників, службовців, нормальне функціонування підприємства, зменшити ймовірність матеріальних втрат слід розробляти і здійснювати комплекс заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновок: проведений аналіз даного розділу дозволяє зробити висновок, що інженерно-технічні заходи з підвищення стійкості роботи холодильника м'ясопереробного виробництва полягають у наступному:

- захист робочих та службовців від надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу;
- підвищення міцності та стійкості важливих елементів та вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного забезпечення;
- підвищення стійкості керування об'єктом;
- розробку заходів щодо зменшення вірогідності виникнення вторинних факторів ураження та збитків від них;
- підготовку до поновлення виробництва після ураження об'єкта.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Охорона праці

Токсичність використовуваних речовин.

На підприємстві в якості холодильного агенту використовується фреон R513A що є речовиною з дуже низькою токсичністю. Пари R-513A важчі за повітря, тому мають тенденцію накопичуватися біля підлоги. Високі концентрації в атмосфері можуть викликати анестезуючий ефект і задуху. Тривалий вплив може призвести до серцевої аритмії та може спричинити раптову смерть. Балони R-513A слід зберігати в прохолодному та добре провітрюваному місці, подалі від джерел тепла.

Компоненти

Хімічна назва	% за вагою	CAS	EC
2,3,3,3-тетрафторпропен (R-1234yf)	56	754-12-1	468-710-7
1,1,1,2- тетрафторетан (R-134a)	44	811-97-2	212-377-0

Фізичні властивості

Фізичні властивості	R-513A
Хімічна формула	CF ₃ CF=CH ₂ /CF ₃ CH ₂ F
Молекулярна маса (г/моль)	108,4
Температура кипіння (при 1,013 бар) (°C)	-29,2
Критична температура (°C)	96,5
Критичний тиск (бар)	37,67
Критична щільність (кг/м³)	516,75
Тиск пари (25°C) (бар)	7,06
Температурний глайд (°K)	0
Займистість	ні
ODP	0
GWP	631 *
ISO 817 / ASHRAE 34 Класифікація безпеки	A1

Класифікація підприємства за ступенем вибухопожежної небезпеки.

Дане підприємство за ступенем вибухопожежобезпеки відноситься до категорії Д. До цієї категорії відносяться приміщення компресорних відділень де в якості холодильного агенту використовується фреон.

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню холодильної установки.

Проекти холодильних установок розробляються з врахуванням забезпечення раціональних технічних рішень, умов для безпечної експлуатації холодильного устаткування і задовольняють положенням діючої нормативної документації.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодильне устаткування і трубопроводи розташовані в такому машинному відділенні, в якому можна провести їх монтаж із забезпеченням висоти для проходу 2,2 м, - від відмітки підлоги до виступаючих частин устаткування (трубопроводів, арматури і ін.).

Забороняється розташовувати в одному приміщенні з холодильною установкою пристрої з відкритим полум'ям або з температурою поверхонь більше 300°C, а також вибухонебезпечне устаткування.

Забороняється розташовувати холодильні установки на сходових майданчиках, під сходами, в коридорах.

Двері машинних відділень, а також охолоджуваних приміщень (холодильних камер) відчиняються у бік виходу.

Ширина проходів в машинному відділенні:

- головний прохід і прохід від електрощита до виступаючих частин машини (в тому числі до огорожень і фундаменту колон) - становить 1,5 м;
- між виступаючими частинами машин - 1 м;
- між гладкою стіною і машиною - 0,8м.

Допускається встановлювати холодильне устаткування стороною, що не вимагає обслуговування, в стінах без наявності проходів.

Розміщення холодильного устаткування забезпечує зручність і безпеку обслуговування. Одинична, рідко використовувана арматура, розташована на висоті не більше 3 м, обслуговується з переносних сходів і драбин.

Майданчики, переходи і сходи, що вмонтовані в машинному відділенні, захищені поручнями заввишки 1 м, забезпеченими знизу суцільним металевим зашиванням заввишки 15см.

Рівні і майданчики сходів виготовлені з рифленої листової або круглої сталі. Ширина сходів 60 см, відстань між рівнями по висоті – 20 см, ширина рівнів – 12см.

Всі рухомі частини машин, а також машини, апарати і трубопроводи в місцях, де вони можуть піддаватися ударам, захищені.

Фундаменти під компресори (агрегати) відокремлені від фундаментів стін або колон будівлі машинного відділення. При установці агрегатів на перекриттях передбачені заходи, що знижують можливість передачі вібрації на будівельні конструкції відповідно до нормативних документів, що діють.

У схемі трубопроводів передбачена можливість відсмоктування холодоагенту з будь-яких апаратів, судин, повітроохолоджувачів і батарей.

Щоб уникнути пошкодження вантажами або підйомно-транспортними засобами труб з агентом, їх прокладка в холодильних камерах зроблена уздовж стін, перегородок і проходів без перетинання вантажного об'єму камер.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічні трубопроводи, що проходять через приміщення машинного відділення і не пов'язані з роботою холодильної установки, не мають в межах цього приміщення роз'ємних з'єднань (фланців, замкової арматури і т.д.).

Трубопроводи неагрегатованих установок мають наступне пізнавальне забарвлення;

- всмоктуючі – синю;
- наддмухувальні – червону;
- рідинні – сріблясту;
- водяні – зелену.

Напрямок руху холодильного агенту вказується стрілками, нанесеними чорною фарбою.

При постійному обслуговуванні холодильної установки персоналом наявність природного освітлення в машинному відділенні обов'язкова.

Забезпечення вибухопожежобезпечної експлуатації обладнання.

Технічний огляд апаратів (посудин) холодильних установок, що підлягають дії “Правил пристрою і безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском”, але не реєстрованих в органах Держміськтехнагляду, повинен проводитися підприємством – власником посудин до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і достроково. Випробування апаратів (посудин) тиском може бути або гідравлічним, або пневматичним на такий же пробний тиск сухим інертним газом (азотом або вуглекислотою) або сухим повітрям з точкою роси не більш -40°C .
П р и м і т к а. Допускається випробування на міцність проводити холодоагентом в апаратах, де неможливе створення необхідного тиску агенту шляхом наприклад, прокачування підігрітої води або іншого теплоносія через випробовуваний апарат.

При технічному огляді до пуску в роботу випробування знов встановленого апарату (посудини) дозволяється не проводити, якщо з моменту проведення такого випробування на заводі - виробнику пройшло менше 12 міс, посудина не отримала пошкоджень при транспортуванні до місця установки і монтаж його виконувався без вживання зварювання або паяння елементів, що працюють під тиском.

Якщо термін консервації, встановлений заводом-виробником, більше 12 міс, то в холодильних агрегатах, що поставляються заповненими маслом і газом-консервантом і що зберегли надлишковий тиск до пуску в роботу, при технічному огляді (в межах терміну складської консервації до трьох років) вирішується випробування на міцність апаратів не проводити. Їх слід піддати зовнішньому і в доступних місцях внутрішньому огляду з подальшим випробуванням на щільність разом з системою змонтованих трубопроводів.

Апарати (посудини) піддаються достроковому технічному огляду:

- після реконструкції і ремонту із застосуванням зварювання і паяння частин, що працюють під тиском;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- після бездіяльності в не законсервованому стані більше одного року;
- якщо такий огляд необхідний по розсуду особи, що здійснює нагляд або відповідального за їх справний стан і безпечну дію.

Результати технічного огляду апарату (посудини), дозвіл на пуск в роботу з вказівкою терміну наступного технічного огляду записуються в книгу обліку і огляду посудин, а також в паспорт посудини особою, що проводила даний технічний огляд.

Тиск при випробуванні слід піднімати поступово з оглядом апаратів (посудин) досягши 0,3 і 0,6 пробного тиску з припиненням підйому тиску на час огляду. Після цього тиск піднімається до пробного і під цим тиском апарат (посудина) повинен знаходитися протягом 5 хв, після чого тиск поступово знижується до розрахункового, при якому оглядається апарат (посудини) з контролем щільності його швів і роз'ємних з'єднань.

Апарат (посудина) визнається таким, що витримав випробування, якщо:

- у ньому не виявиться ознак розриву;
- не будуть відмічені течя і потіння в зварних швах, а при пневматичному випробуванні – пропуск газу;
- не будуть відмічені видимі залишкові деформації після випробувань.

Система трубопроводів після монтажу має бути ретельно продута і випробувана на міцність і щільність пробним тиском сухого повітря або інертного газу з точкою роси не більше мінус 40°C окремо по сторонах високого і низького тиску. Випробування проводяться при відключених компресорах, приладах контролю і автоматики, а також апаратах, якщо випробування апаратів на міцність не входить в об'єм технічного огляду, до пуску в роботу. Під пробним тиском система трубопроводів (або окремі її ділянки) повинна знаходитися не менше 5 хвилин.

Після випробувань на міцність система трубопроводів і апаратів (посудин) випробовується на щільність (герметичність) тиском сухого повітря або інертного газу окремо по сторонах високого і низького тиску і витримкою під тиском протягом 18 год. із записом тиску через кожну годину. Протягом перших 6 год. тиск може мінятися внаслідок вирівнювання температур внутрішнього і оточуючого середовищ. Протягом подальших 12 год. тиск не повинен мінятися за умови постійності температури навколишнього повітря, інакше має бути вироблений перерахунок. Випробування на щільність повинне проводитися до ізоляції трубопроводів і апаратів.

Пневматичне випробування апаратів (посудин) і системи трубопроводів пробним тиском проводиться з дотриманням наступних заходів безпеки:

- вентиль на наповнювальному трубопроводі від джерела тиску і манометри мають бути виведені за межі охоронної зони. Знаходитися кому-небудь в цій зоні в період нагнітання повітря або інертного газу і при витримці пробного тиску забороняється;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- на випробовуваному апараті (посудині) або системі трубопроводів є не менше одного запобіжного клапана, відрегульованого на відкриття при тиску, що перевищує відповідний пробний тиск не більш, ніж на 0,1 МПа (1 кгс/см²).

При проведенні випробувань системи трубопроводів і апаратів (посудин) на щільність з визначенням падіння тиску на час випробування охоронну зону не встановлюють.

Після закінчення пневматичного випробування проводиться вакуумування системи трубопроводів і апаратів (посудин) з метою їх осушення при температурі навколишнього повітря не менше 15°C.

Після досягнення надлишкового тиску від 0,6 до 1,0 кПа (від 5 до 8 мм рт. ст.) рекомендується продовжити вакуумування протягом 18 год., після чого випробувати систему на вакуум. При випробуванні система повинна залишатися під вакуумом протягом 18 год. із записом тиску через кожну годину. Протягом перших 6 год. допускається підвищення тиску не більш, ніж на 0,5 кПа (4 мм рт. ст.). У останній час тиск може змінюватися лише на величину, відповідну зміні температури навколишнього повітря.

Після заповнення установки холодильним агентом проводиться додаткова перевірка щільності всіх з'єднань системи за допомогою тічешукача.

На кожному апараті (посудині) є нанесений фарбою на видному місці або на спеціальній табличці:

- реєстраційний номер;
- дозволений тиск;
- дата (місяць і рік) проведеного і наступного технічного випробування.

Запобіжний клапан компресора запобігає підвищення різниці тиску нагнітання і всмоктування понад встановлене значення і захищає механізм руху від перевантаження, перепускаючи пару з порожнини нагнітання в порожнину всмоктування.

Запобіжний клапан апарату запобігає підвищення тиску понад допустиме значення і захищає апарат і трубопроводи, автоматично скидаючи пару холодоагента безпосередньо в атмосферу або через проміжний трубопровід в посудину з нижчим тиском.

Справність запобіжних клапанів апаратів перевіряють не рідше за один раз в 6 міс. Після перевірки і регулювання клапани пломбують із складанням акту.

Мінімальна площа перетину запобіжного клапану визначається за формулою:

$$F = G_a / (\mu \cdot B \cdot (2 \cdot \rho_c \cdot (P_1 - P_2))^{1/2}), \text{ м}^2 \quad (7.1)$$

де G_a – масова витрата холодильного агента, кг/с; $G_a = 5,76$ кг/с;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mu = 0,75$ – коефіцієнт витрати пари для даної конструкції клапана (визначений виготовленням клапана експериментально і записаний в паспорт клапана); [8]

ρ_c – щільність середовища при тиску P_1 ; $\rho_c = 91 \text{ кг/м}^3$;

P_1 і P_2 - відповідно максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за клапаном, $p_1 = 2,1 \text{ МПа}$; $p_2 = 1,6 \text{ МПа}$;

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

$$B = 1,59 \cdot (k/(k+1)) \cdot (2/(k+2))^{1/(k+1)} \cdot 1/2 \quad (7.2)$$

де k – показник адіабати, $k = 1,2$;

$$B = 1,59 \cdot (1,2/(1,2+1)) \cdot (2/(1,2+2))^{1/(1,2+1)} \cdot 1/2 = 0,85$$

$$F = 5,76 / (0,75 \cdot 0,85 \cdot (2 \cdot 91 \cdot (2,1 - 1,6))^{1/2}) = 0,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Мінімальний діаметр прохідного перетину сідла клапану визначається за формулою:

$$d_{кл} = (4 \cdot F/\pi)^{1/2}, \text{м} \quad (7.3)$$

$$d_{кл} = (4 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3} / 3,14)^{1/2} = 0,035 \text{ м}$$

Приймаємо запобіжний клапан з діаметром прохідного перетину 40 мм.

Судини, ресивери повинні мати справні візуальні показчики рівня рідини, в яких повинно застосовуватися пласке (рефлекторне) скло. Показники рівня мають бути обладнані замковими пристосуваннями для їх відключення в разі поломки скла.

Манометри (мановакуумметри) комплектовані заводським постачанням є встановлені на кожному компресорі для спостереження за робочим тиском всмоктування, нагнітання, в системі мастила і в картері. Манометри (мановакуумметри) встановлені на апаратах, судинах, технологічному устаткуванні з безпосереднім охолодженням, насосах, а також на розподільних пристроях (рідинних, всмоктуючих, відтаюванні), сполучених трубопроводами з устаткуванням холодильних камер, і на загальних всмоктуючих і нагнітальних трубопроводах, до яких паралельно приєднано декілька компресорів.

Манометр вибирається з такою шкалою, щоб межа виміру робочого тиску знаходилася в другій третині шкали. Між манометром і апаратом (посудиною) встановлений трьохходовий кран або штуцер із замковим органом для під'єднування другого манометра. За наявності можливості перевірити манометр у встановлені

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

терміни, знявши його з посудини, установка трьоходового крану або замінюючого його пристрою не обов'язкова.

Манометри мають клас не нижче 2,5 (ГОСТ 8625-77) і встановлюються так, щоб їх свідчення були виразно видні. Циферблат розташований у вертикальній площині або з нахилом вперед до 30 градусів. Манометр має червону межу по діленню, відповідному дозволеному робочому тиску в судині.

Всі встановлені манометри опломбовані або мають клеймо перевірки. Перевірка манометрів проводиться щорік, а також кожного разу після проведеного ремонту манометра.

Не рідше за один раз в 6 міс. підприємством виконується додаткова перевірка робочих манометрів контрольним манометром із записом результатів в журнал контрольних перевірок. За відсутності контрольного манометра допускається виробляти додаткову перевірку перевіреним робочим манометром.

Манометр не допускається до застосування у випадках, коли відсутня пломба або клеймо, прострочений термін перевірки, стрілка манометра при його виключенні не повертається на нульову відмітку шкали, розбито скло або є інші пошкодження, які можуть відбитися на правильності його свідчень.

Посудини що містять рідкий холодоагент, апарати і технологічне устаткування з безпосереднім охолодженням мають справні пружинні запобіжні клапани або плавкі пробки.

До обслуговування холодильних систем допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і що мають документ про закінчення спеціального учбового закладу або курсів. До самостійного обслуговування холодильних систем допущені працівники лише після проходження під керівництвом досвідченого наставника стажування протягом одного місяця і відповідної перевірки знань.

Виконання робіт в машинних і апаратних відділеннях, а також в холодильних камерах і інших приміщеннях, де є холодильне устаткування, працівниками, не пов'язаними з обслуговуванням холодильної системи і експлуатацією холодильних камер (ремонт, теплоізоляція, фарбування, устаткування і труб і ін.), проводиться після відповідного інструктажу і під спостереженням працівника, відповідального за експлуатацію холодильної системи.

Особи, допущені до технічного обслуговування конкретної системи, окрім загальнотеоретичних знань і вимог Правил безпечної експлуатації холодильної установки, повинні знати:

- пристрій, правила обслуговування і принцип роботи холодильної системи, включаючи систему трубопроводів;
- порядок виконання робіт по пуску, зупинці холодильної системи і її елементів, регулюванню режиму їх роботи (відповідно до інструкцій

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

організації виробника по обслуговуванню встановленого устаткування);

- нормальний режим роботи холодильної системи;
- правила заповнення холодильним агентом та мастилом;
- порядок ведення експлуатаційного журналу холодильної системи;
- правила користування засобами індивідуального захисту;
- правила охорони праці і надання першої невідкладної допомоги, у тому числі при ураженні електрострумом.

Періодична перевірка знань обслуговуючого персоналу правил, нормативних документів по технічному обслуговуванню холодильної системи і охорони праці, а також практичних дій проводиться не рідше за 1 раз в рік комісією, що складається з фахівців з холодильної техніки і охорони праці. Склад комісії затверджується працедавцем.

У входів в охолоджувані приміщення (коридор, естакада) вивішені інструкції по охороні праці при проведенні робіт в цих приміщеннях і захисті пристроїв, що охолоджують, і трубопроводів від пошкоджень. Проходи поблизу холодильного устаткування завжди вільні, а підлоги проходів - в справному стані.

Первинну заправку або дозаправку холодильної системи хладагентом в умовах експлуатації рекомендується виконувати по рідкій фазі хладагента, якщо інше не передбачене організацією-виробником. При дозаправці використовують капілярну трубку або інший пристрій, що забезпечує дроселювання рідини, для запобігання можливості потрапляння рідкого холодильного агента у всмоктуючу порожнину компресора.

Перед заповненням холодильної системи агентом слід упевнитися в тому, що в балоні міститься відповідний холодильний агент. 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 навколишнього повітря перевіряється по таблиці насиченої пари.

Електробезпека обладнання.

Компресорні та апаратні відділення фреонових холодильних установок за ступенем небезпеки ураження електричним струмом належать до категорії приміщень з підвищеною небезпекою.

Струмоведучі частини пускорегулюючих і захисних апаратів є захищені від випадкових дотиків. У спеціальних приміщеннях (електромашинних, щитових, станцій управління і т. д.) допускається відкрита (без захисних кожухів) установка апаратів.

В чергового персоналу або особи, відповідальної за електрогосподарство, наявний запас плавких комбінованих вставок. Використання некаліброваних

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плавких вставок забороняється. Плавкі вставки повинні суворо відповідати даному типові запобіжників.

На зовнішніх дверях РП вказуються їх найменування. Всі дроти, шини, кабелі, контрольні затиски і запобіжники маркуються по єдиній системі (ізолюваними бірками, написом або гравіюванням на корпусі або на щитку над або під затисками і запобіжниками). На запобіжниках і запобіжних витках, крім того, вказується номінальний струм плавкої вставки. Панелі РП забарвлюються в світлі тони, на них виконуються чіткі написи, які вказують призначення окремих ланцюгів, приводів. На дверях РП вивішуються застережливі плакати відповідно до вимог правил техніки безпеки. Такі написи є на лицьовій і оборотній сторонах панелей.

На всіх ключах, кнопках і рукоятках управління є написи, що вказують операцію, для якої вони призначені (“Увімкнути”, “Вимкнути”, “Збавити”, “Додати” і ін.) . На сигнальних лампах і інших сигнальних апаратах присутні написи, які вказують характер сигналу (“Вкл.”, “Викл.”, “Перегрів” і ін.).

Огляд і очищення розподільних пристроїв, щитів, складок, щитків від пилу і забруднення проводиться 1 раз в 3 міс.

Заземляючі пристрої електроустановок споживачів відповідають вимогам, що діють. Заземляючі пристрої забезпечують безпеку людей і захист електроустановок, а також експлуатаційні режими роботи. Для тієї частини електроустановки, яка може виявитися під напругою унаслідок порушення ізоляції, є забезпечений надійний контакт із заземлюючим пристроєм, або із заземленими конструкціями, на яких воно встановлене.

Приєднання заземлюючих провідників до заземлення, заземлюючого контуру і до конструкцій, що заземляються, виконане зваркою, а до корпусів апаратів, машин і опор повітряних ліній електропередачі - зваркою або надійним болтовим з'єднанням і задовольняти вимогам ГОСТ 10434-82*.

Відкрито прокладені заземляючі провідники мають помітне забарвлення відповідно до вимог ГОСТ.

Використання землі як фазний або нульовий дріт в електроустановках напругою до 1000 В забороняється.

Тимчасові переносні заземлення, вживані для заземлення струмоведучих частин ремонтної частини електроустановки, що складаються з провідників для закорочення фаз і провідників для приєднання до заземлюючого пристрою, виконане з неізолюваних гнучких мідних багатожильних проводів, що мають перетин, відповідний вимогам термічної стійкості при коротких замиканнях.

Для визначення технічного стану заземлюючого пристрою періодично проводяться:

- зовнішній огляд видимої частини заземлюючого пристрою;

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- огляд з перевіркою ланцюга між заземленням і елементами (відсутність обривів і незадовільних контактів в проводці, що сполучає апарат із заземляючим пристроєм), що заземляються, а також перевірка пробивних запобіжників трансформаторів;
- вимір опору заземляючого пристрою;
- перевірка ланцюга фаза-нуль;
- перевірка надійності з'єднань природних заземлень;
- вибірковий розтин ґрунту для огляду елементів заземляючого пристрою, що знаходяться в землі;
- вимір питомого опору ґрунту для опор ліній електропередачі напругою вище 1000В.

На кожен заземляючий пристрій, що знаходиться в експлуатації, є паспорт, що містить схему заземлення, основні технічні дані, дані про результати перевірки стану заземляючого пристрою, про характер ремонтів і зміни, внесені до даного пристрою.

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту визначається за формулою:

$$\rho_{гр} = \rho_p \cdot \psi, \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (7.4)$$

де ρ_p – питомий опір Ом/м; $\rho_p = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – для чорнозему; [11]
 ψ – кліматичний коефіцієнт, $\psi = 1,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

$$\rho_{гр} = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Приймаємо електроди сталеві вертикальні трубні: діаметр стрижня $d = 0,04 \text{ м}$, довжина стрижня $l = 3 \text{ м}$, відстань між стрижнями $l' = 6 \text{ м}$.
Відстань від середини стрижня до рівня землі:

$$t = l/2 + t_{3,м} \quad (7.5)$$

де t_3 – відстань від вершини стрижня до рівня землі, м.
Приймаємо $t_3 = 0,5 \text{ м}$.

$$t = 3/2 + 0,5 = 2 \text{ м}$$

Розраховуємо опір одного вертикального заземлювача:

$$R_0 = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t + 1}{4t - 1} \right) \right], \text{ Ом}. \quad (7.6)$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_0 = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,04} \right) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4 \cdot 2 + 1}{4 \cdot 2 - 1} \right) \right] = 12,27 \text{ Ом}$$

Мінімальна кількість заземлювачів:

$$n = R_0 / R_H$$

де R_H - необхідний опір, Ом; $R_H = 4 \text{ Ом}$;

$$n = 12,27 / 4 = 3,07$$

Приймаємо $n = 4 \text{ шт.}$

Відношення відстані між стрижнями до довжини стрижня:

$$l' / l = 6 / 3 = 2$$

Опір системи вертикальних стрижньових заземлювачів:

$$R_{сз} = R_0 / (n \cdot \eta_v), \quad (7.7)$$

де $\eta_v = 0,85$ – коефіцієнт використання вертикальних стрижньових заземлювачів; [11]

$$R_{сз} = 12,27 / (4 \cdot 0,85) = 3,6$$

Загальна довжина сполучної смуги (контурне заземлення):

$$L_n = l' \cdot (n-1) = 6 \cdot (4-1) = 18 \text{ м}$$

Визначимо опір розтікання струму сполучної смуги:

$$R_n = \frac{\rho_{гp}}{2 \cdot \pi \cdot \eta_r \cdot L_n} \cdot \ln \frac{L_n^2}{d \cdot t_3}, \text{ Ом}, \quad (7.8)$$

де d – зовнішній діаметр труби, м; $d = b \cdot 0,5 = 0,05 \cdot 0,5 = 0,03 \text{ м}$;

$\eta_r = 0,94$ – коефіцієнт використання горизонтальних стрижньових заземлювачів; [11]

$$R_n = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,94 \cdot 18} \cdot \ln \frac{18^2}{0,03 \cdot 0,5} = 4,23 \text{ Ом}$$

Загальний опір системи заземлення:

$$R_c = \frac{R_n \cdot R_{сз}}{R_n + R_{сз}}, \text{ Ом} \quad (7.9)$$

$$R_c = \frac{4,23 \cdot 3,6}{4,23 + 3,6} = 1,95 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$$

$R_c \leq 4 \text{ Ом}$, що говорить про правильність розрахунку заземлення.

Пожежна профілактика.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежі на холодильних підприємствах представляють велику небезпеку для тих, хто працює і можуть заподіяти величезний матеріальний збиток. Питання забезпечення пожежної безпеки виробничих будівель і споруд мають велике значення і регламентуються спеціальними державними постановами і рішеннями.

Пожежна безпека забезпечена заходами пожежної профілактики і активного пожежного захисту. Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, необхідних для запобігання виникненню пожежі або зменшення його наслідків. Під активним пожежним захистом розуміються заходи, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

Як вже було вказано вище, дане виробництво по вибухопожежній і пожежній небезпеці належить до категорії Д.

Для захисту будівель і споруд від поширення пожежі на весь об'єкт (при його виникненні) передбачають протипожежні перешкоди. До таких перешкод належать протипожежні стіни, перегородки, перекриття, зони, тамбури шлюзи і ін. Всі конструкції виконуються з негорючих матеріалів (гіпсові або гіпсоволокнисті плити при вмісті органічної маси 8% (по масі)).

Використання автоматичних засобів виявлення пожеж є однією з основних умов забезпечення пожежної безпеки на даному підприємстві, оскільки дозволяє оповістити черговий персонал про пожежу і місце його виникнення.

В компресорному цеху присутні сповіщувачі пожежі ручної дії, призначені для видачі дискретного сигналу при натисненні відповідної пускової кнопки, і автоматичної дії для видачі дискретного сигналу досягши заданого значення фізичного параметра (температури, спектру світлового випромінювання, диму і ін.).

Для гасіння пожежі, в основному застосовують вогнегасники. При гасінні пожеж піною широко застосовують генератори високократної піни ГВП і хімічні вогнегасники ВХП-10.

Генератори ГВП мають декілька розмірів: ГВП-200, ГВП-600, ГВП-2000. Відрізняються вони один від одного геометричними розмірами і продуктивністю (від 200 до 2000 л/с).

Вогнегасник ВХП-10 хімічний, пінний (модель 10). Забороняється застосовувати цей тип вогнегасників при гасінні електроустановок, що горять, оскільки піна, що утворюється, електропровідна.

Вуглекислотні вогнегасники застосовують при гасінні пожеж: у електроустановках, що знаходяться під напругою до 1000 В.

Порошкові вогнегасники застосовують при гасінні займань на легкових і вантажних машинах.

Пожежне водоймище, призначене для запасу води, розраховується по формулі :

$$V = (g * k * \tau * n / 1000) * 12960, \text{ м}^3 \quad (7.10)$$

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k - коефіцієнт запасу, приймається $k = 1,1 \dots 1,2$;
 n – кількість пожеж, шт;
 g – витрата води на 1 м^2 приміщення, $g = 10 \text{ л/с}$;
 τ – час пожежогасіння, $\tau = 2 \text{ год}$.

$$V = (10 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 1 / 1000) \cdot 12960 = 311,04 \text{ м}^3$$

Виробнича санітарія.

Машинні відділення фреонових холодильних установок обладнують примусовою припливною та витяжною вентиляцією кратністю повітрообміну не менше 3 для припливної та не менше 4 для витяжної. Витяжна вентиляція одночасно є аварійною. Всмоктуючі отвори повітроводів витяжної вентиляції розташовують у нижній зоні приміщення.

Розрахуємо повітрообмін в приміщенні за годину:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{год},$$

де k – кратність вентиляції або повітрообміну:

- приплив $k_{\text{прит}} = 3$; [12]

- витяг $k_{\text{вит}} = 4$; [12]

V – об'єм приміщення, м^3 ;

$$V = A \cdot B \cdot H = 9,5 \cdot 9,5 \cdot 4 = 360 \text{ м}^3$$

Продуктивність припливної вентиляції:

$$L = 3 \cdot 360 = 1080 \text{ м}^3/\text{год}$$

Продуктивність витяжної вентиляції:

$$L = 4 \cdot 360 = 1440 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахунок потужності електродвигуна системи вентиляції:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вен}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт} \quad (7.11)$$

Для припливної

вентиляції:

$$N = \frac{1,5 \cdot 1080 \cdot 400 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 0,25 \text{ кВт}$$

Для витяжної вентиляції:

$$N = \frac{1,5 \cdot 1440 \cdot 400 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 0,3 \text{ кВт}$$

Приймаємо відцентрові вентилятори для припливної вентиляції - вентилятор В-Ц14-46-2В, потужність електродвигуна $N_{\text{эл.дв.}} = 0,3 \text{ кВт}$ ($n=1330 \text{ про/хв.}$); для витяжної вентиляції - В-Ц14-46-2В, потужність електродвигуна $N_{\text{эл.дв.}} = 0,3 \text{ кВт}$ ($n=1330 \text{ про/хв.}$).

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, що створюється світлом неба (прямим і відбитим), штучне, здійснюване електричними лампами, і поєднане, при якому в світлий час доби недостатнє по нормах природне освітлення доповнюється штучним.

Проведемо розрахунок освітлення машинного відділення методом світлового потоку. При цьому вибираємо: джерело світла - лампи люмінесцентні; систему освітлення - загальне освітлення; тип світильника – ПВЛ; розміри приміщення: довжина $A = 9,5$ м, ширина $B = 9,5$ м, висота $H = 4$ м. Приймаємо:

$$L/H_p = 1,5$$

де L – відстань між центрами світильників, м;

H_p – висота світильників над робочою поверхнею, м.

Визначимо висоту світильників над робочою поверхнею:

$$H_p = H - (H_1 + H_2), \text{ м,}$$

де H_1 – висота робочої поверхні, м; $H_1 = 0,8$ м;

H_2 – відстань від світильника до стелі м; $H_2 = 0,2$ м;

$$H_p = 4 - (0,8 + 0,2) = 3 \text{ м}$$

Визначимо відстань між центрами світильників. З рівняння

$L/H_p = 1,5$, знаходимо, що:

$$L = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м.}$$

Кількість світильників:

$$n = A \cdot B / L^2 = 15 \cdot 6 / 4,5^2 = 4,4$$

Приймаємо $n = 6$ шт.

Нормована мінімальна освітленість $E_n = 200$ лм. [12]

Коефіцієнт запасу $K = 1,3$ [12]

Показник приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (7.12)$$

$$i = \frac{15 \cdot 6}{3 \cdot (15 + 6)} = 1,43$$

Приймаємо відбивну властивість стелі та стін $\delta_{\text{стелі}} = 50\%$, $\delta_{\text{стін}} = 30\%$, за цих умов для світильників ВЗГ коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,62$.

Необхідний світловий потік лампи

$$\Phi_{\text{л}} = E_n \cdot S \cdot Z \cdot K / (n \cdot \eta), \text{ лм} \quad (7.13)$$

де Z – коефіцієнт мінімальної освітленості. Для ламп накаливання

$$Z = 1,15 \text{ [12].}$$

$$\Phi_{\text{л}} = 200 \cdot 90 \cdot 1,15 \cdot 1,3 / (8 \cdot 0,62) = 5425 \text{ лм}$$

Обираємо три лампи розжарювання типу Г215-225-150 із загальним світловим потоком 6270 лм.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						103
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо потужність освітлювальної системи:

$$P=N \cdot n \cdot P' \text{ [Вт]}, \quad (7.14)$$

де N – кількість світильників;

n – кількість ламп в світильнику;

P_1 – потужність даної лампи.

$$P=6 \cdot 1 \cdot 150=900 \text{ Вт}$$

Визначаємо відхилення розрахункового світлового потоку від дійсного:

$$\Delta = \frac{\Phi - \Phi'}{\Phi} \cdot 100\%, \quad (7.15)$$

$$\Delta = \frac{5425 - 6270}{5425} \cdot 100\% = 15,58\%$$

У практиці допускаються відхилення світлового потоку від -10% до $+20\%$.

Перша медична допомога

Вдихання пари холодоагента R513a у великих концентраціях може викликати тимчасове притуплення діяльності центральної нервової системи, що супроводжується сонливістю, летаргією і слабкістю. До інших можливих ефектів можна віднести запаморочення, приємне відчуття сп'яніння, а також втрату координації рухів. Тривале вдихання пари хладагента може викликати порушення серцебиття, втрату свідомості, а вдихання дуже великих доз може навіть привести до смертельного результату.

Людину що відчула будь-який з первинних симптомів, необхідно швидко вивести на свіже повітря і забезпечити йому спокій і нерухомість. При зупинці дихання необхідно зробити штучне дихання. Якщо дихання утруднене, дати кисень і викликати лікаря. Такі симптоми можуть виявлятися при дії самих різних концентрацій, а тому при появі будь-якого з цих симптомів потрібно як найшвидше покинути виробниче приміщення, навіть якщо у інших працівників, що знаходяться поруч, ці симптоми не виявляються.

При великому викиді холодоагенту пари можуть концентруватися в поверхні підлоги або на низькорозташованих ділянках і витіснити кисень, що є там, що викликає асфіксію. У випадку, якщо виллється велика кількість рідкого холодоагенту або станеться значний витік, необхідно надіти відповідні засоби індивідуального захисту. При роботі в закритих приміщеннях, наприклад, в підвалах, де могли скупчитися пари хладагента, слід користуватися автономними дихальними апаратами або респіраторами із зовнішньою подачею повітря. Перед входом необхідно перевірити всі виробничі приміщення на наявність кисню за допомогою відповідного контрольного устаткування. Коли перший працівник входить в приміщення, другий повинен залишатися зовні, і між ними має бути протягнутий рятувальний леєр.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						104
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення циркуляції повітря на рівні підлоги і в будь-яких підвальних і розташованих низько приміщеннях можна скористатися повітрорудками або вентиляцією.

Не слід розраховувати на них для оцінки безпеки виробничих приміщень, призначених для персоналу. Єдино надійними способами служать регулярні перевірки на витік і моніторинг якості повітря.

Попадання агента на шкіру і в очі. При кімнатній температурі пари фреону R507 не надають серйозної дії на шкіру або очі. Якщо існує небезпека попадання рідких хладагентів на шкіру, потрібно обов'язково носити захисний одяг, у тому числі з довгими рукавами, і рукавички. Серед засобів індивідуального захисту в персоналу мають бути захисні окуляри і лицьовий щиток для захисту очей.

В разі попадання в очі рідкого хладагента їх слід рясно промити водою, а потім звернутися за медичною допомогою. Попадання на шкіру або в очі рідкого хладагента приводить до їх різкого охолодження, викликаючи обмороження. Якщо на працівника виплеснувся рідкий агент, необхідно зразу зняти весь одяг, на який попав холодильний агент, щоб уникнути обширного обмороження. Промити уражену ділянку теплою водою (не холодною і не гарячою). Не слід накладати пов'язки або використовувати мазі. Необхідно якомога швидше звернутися за медичною допомогою.

Перша медична допомога у випадках ураження електричним струмом полягає у виконанні наступних дій:

- звільнити потерпілого від дії струму;
- надати потерпілому першу медичну допомогу (спокій, свіже повітря, за необхідності зробити штучне дихання, зовнішній масаж серця).

Для захисту людей від ураження електричним струмом застосовують заземлення – стікання струму в землю через провідник, що знаходиться в безпосередньому контакті з землею.

Висновок

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці - звести до мінімальної вірогідності ураження або захворювання, що працює з одночасним забезпеченням комфорту, при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Використання запропонованих заходів дозволить уникнути нещасних випадків при обслуговуванні холодильних установок та буде сприяти збереженню здоров'я обслуговуючого персоналу.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Свердлов, Габріель Зальманович - Курсове та дипломне проектування холодильних установок та систем кондиціювання повітря: навч. посібник / Г. З. Свердлов, Б. К. Явнель. - 2-ге вид., перероб. та дод. - М.: Харчова пром-сть, 1978. - 264 с. : іл. Мова: Російська Шифр: 621.56/.59(075) Авторський знак: С24.
2. Холодильні установки. Проектування: навч. посіб.: в 3 т. Т. 2 / І. Г. Чумак, В. П. Чепурненко, А. Ю. Лагутін, С. Ю. Лар'яновський та ін. ; за ред. І. Г. Чумака. — Вид. 4-те, перероб. і допов.— Одеса: Друк, 2008.— 186 с. Мова: Українська Шифр: *621.565(075) Авторський знак: Х73 Чумак І.Г./
3. Чуклін, Сергій Григорович - Приклади розрахунків холодильних установок: навч. посібник / С. Г. Чуклін, Д. Г. Нікульшина, І. Г. Чумак; За ред. С.Г Чукліна. - М.: Харчова пром-сть, 1964. - 379 с. Мова: Російська Шифр: 621.56/59(075) Авторський знак: Ч-88.
4. Богданов, Сергій Миколайович - Задачник з термодинамічних розрахунків у харчовій та холодильній промисловості: навч. посібник / С. І. Богданов, А. В. Купріянова. - М.: Легка та харчова пром-сть, 1983. - 144 с. Мова: Російська Шифр: 621.1(076) Авторський знак: Б73.
5. Богданов, Сергій Миколайович Холодильна техніка Властивості речовин: довідник / С. Н. Богданов, О. П. Іванов, А. В. Купріянова. - Вид. 2-ге, перероб. та дод. - Л.: Машинобудування, 1976. - 168 с. : табл. - Бібліогр.: с.165-166. Мова: Російська Шифр: 621.56/.59(035) Авторський знак: Б73.
6. Приклади розрахунків за курсом "Холодильна техніка": навч. посібник / Г. Д. Аверін, А. М. Бражніков, А. І. Васильєв, Н. Д. Малова; за ред. Н. Д. Малової. - М.: Агропромиздат, 1986. - 183 с.: (Підручники та навчальні посібники для вищих навчальних закладів). - Бібліогр.: с. 182. Мова: Російська Шифр: 621.56/.59(075) Авторський знак: П76.
7. Кондрашова, Наталія Генівна Холодильно-компресорні машини та установки [Текст]: підручник / Н. Г. Кондрашова, Н. Г. Лашутіна. - 3-тє вид., Перероб. та дод. - М.: Вищ. шк., 1984. - 335 с.: Мова: Російська Шифр: 621.57(075) Авторський знак: К64.
8. Правила влаштування та безпечної експлуатації фреонових холодильних установок. Утв. Держ. комісією Ради Міністрів СРСР із продовольства та закупівель. / М., 1991.-168 с.
9. Проектування холодильних споруд. М: Харчова промисловість, 1978.
10. СНіП 2.11.02-87. Холодильники М: Державний будівельний комітет СРСР, 1988.
11. Теоретичні основи холодильної техніки: конспект лекцій. Ч. 1 / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, Б. Г. Грудка, А. В. Мошкатюк; Одес. нац. акад. харч. технологій, Навч.-наук. ін-т холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського. — Одеса, 2021. — 120 с. — Електрон. текст. дані. Мова: Українська Шифр: 621.56/.59(075) Авторський знак: Т33.
12. Морозюк, Лариса Іванівна Холодильні машини: навч. допомога. Т. 1. Ч. 1/Л. І. Морозюк. - Одеса: ОДАХ, 2003. - 99 с. Мова: Російська Шифр: *621.57(075)

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						106
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Авторський знак: М80.

13. Охорона праці в машинобудуванні: підручник / Є. Я. Юдін, С. В. Белов, С. К. Баланцев та ін; за ред. Є. Я. Юдіна, С. В. Белова. - 2-ге вид., перероб. та дод. - М.: Машинобудування, 1983. - 432 с. Мова: Російська Шифр: 621(075) Авторський знак: О-92.

14. Інструкція з влаштування блискавкозахисту РД 34.21.122-87 - М: Енергоатоміздат.

15. СНіП 2.04.02-84. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди.

16. Ashrae Guide And Data Book [Текст]: Applications for heating rerfrigerating ventilating and air conditioning. — New York : American Society of Heating. Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1962. — 1234 р. Мова: Англійська Шифр: 621 Авторський знак: А.

17. Енергетичний менеджмент, діагностика та аудит Energy management, diagnostics and energy audit : підручник : в 2 т. Part 2 / М.Г. Хмельнюк, О.Ю. Яковлева, О. В. Остапенко, В. А. Бежан; за ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Приазов. держ. техн. ун-т. — Одеса, 2019. — 292 с. : табл., рис. Мова: Українська Шифр: 620.9(075) Авторський знак: Е62.

18. 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 харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 222-223. Мова: Українська Шифр: 664.8(075) Авторський знак: П39.

19. Проектування холодильних споруд [Текст]: довідник / за ред. А. В. Бикова. - М.: Харчова пром-сть, 1978. - 255 с. (Холодильна техніка). Мова: Російська Шифр: 621.565(035) Авторський знак: П79.

20. Холодильні машини: конспект лекцій та посібник для самост. роботи : для студентів галузі знань 14"Електрична інженерія", спец. 142 "Енергетичне машинобудування". Ч. 2 /Л.І. Морозюк, В.В. Соколовська-Єфименко,С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса, 2017. — Електрон. текст. дані: 59 с. Мова: Українська Шифр: 621.56/.59(075) Авторський знак: Х73.

					КРМ.ХУКП.1.784-03.2.20	Арк.
						107
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		